

Recibido 22 de diciembre de 2016 // Aceptado 12 de mayo de 2017 // Publicado online 14 de noviembre de 2018

# Crecimiento y rectitud del fuste de orígenes geográficos de *Corymbia* spp. en la Mesopotamia argentina

LÓPEZ, J.A.<sup>1</sup>; VERA BRAVO, C.D.<sup>1</sup>

## RESUMEN

En los últimos años *Corymbia* spp. y sus híbridos comenzaron a revalorarse como un género importante para la obtención de madera de calidad para usos sólidos de alto valor en diferentes regiones del mundo. Con el objetivo de evaluar el comportamiento de materiales cosechados en el área de distribución natural de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* (CCC), *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (CCV) y *Corymbia maculata* (CM), al 9.º año de edad se evaluó el crecimiento en diámetro, altura, volumen y rectitud del fuste de 22 orígenes pertenecientes a dichas entidades en tres sitios de la Mesopotamia argentina. El análisis a nivel de sitios individuales mostró que CCV fue el taxón más promisorio. En dos de los sitios evaluados CCV superó en volumen y rectitud del fuste a las otras entidades y en el tercer sitio tuvo un crecimiento levemente inferior a CM, aunque sin diferencias estadísticas significativas. El análisis conjunto a nivel de orígenes dentro de taxones reveló baja interacción a través de los sitios ya que la correlación genética fue alta tanto para el volumen como para la rectitud del fuste ( $rgB=0,77$  y  $0,99$  respectivamente). Dada la existencia de muy buenos ejemplares dentro de los orígenes de CCV, se seleccionaron 30 ejemplares sobresalientes en volumen a través de los tres sitios. Estos individuos luego de movilizados y propagados vía injerto, conformarán el primer Huerto Semillero Clonal de CCV en Argentina. Se prevé que la ganancia genética de dicho huerto será aproximadamente del 17% en relación con el volumen promedio de todos los individuos evaluados de CCV.

**Palabras clave:** *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*, interacción genotipo-ambiente, Huerto Semillero Clonal.

## ABSTRACT

In recent years *Corymbia* spp. and their hybrids began to revalue as an important genus for the obtention of quality wood for solid high-value applications in different regions of the world. With the objective to evaluate the behavior of materials collected in the natural distribution area of *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* (CCC), *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (CCV) and *Corymbia maculata* (CM), the growth in volume (VOL) and the stem straightness (RF) were evaluated at 9<sup>th</sup> years of growth in 22 provenances belonging to these entities in three sites of the Mesopotamia region of Argentina. The site-site analysis showed that CCV was the most promising material. In two of the sites evaluated CCV overcame in VOL and RF to the other entities; at the third site had a slightly less growth than CM, although the statistical analysis did not reveal significant difference. The combined analysis revealed a low interaction among sites, since the genetic correlation at provenances within taxa level was high for stem volume and straightness ( $rgB = 0.77$  and  $0.99$  respectively). Given the good performance of CCV and the existence of very good specimens within the provenances, we selected 30 outstanding individuals in volume across the three sites. These individuals, after being mobilized and propagated

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Bella Vista, Ruta 27, km 38,3, Bella Vista, Corrientes. Correo electrónico: lopez.juanadolfo@inta.gov.ar; vera.bravo@inta.gov.ar

by grafting, will form the first Clonal Seed Orchard of CCV in Argentina. It is expected that the genetic gain of the Orchard for VOL in relation to the average of all the CCV assessed individuals is around 17%.

**Keywords:** *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*, genotype-environment interaction, Clonal Seed Orchard.

## INTRODUCCIÓN

*Eucalyptus torelliana*, *Eucalyptus citriodora* y *E. maculata* fueron reubicados taxonómicamente por Hill and Johnson (1995) como *Corymbia torelliana*, *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora*, *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*, *Corymbia henryi* y *Corymbia maculata*. Estos taxones son conocidos en Australia como *spotted gums* (gomeritos manchados) y si bien su introducción en varias regiones del mundo data de hace muchos años, últimamente comenzaron a revalorarse como una de las entidades con mayor potencial para la obtención de madera de calidad para usos sólidos de alto valor en turnos más largos que las especies de *Eucalyptus* más difundidas (Gardner *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2010; Hung *et al.*, 2016).

En Brasil y Sudáfrica las primeras introducciones de orígenes de *Corymbia* spp. (en ese entonces *E. citriodora* y *E. maculata*) se realizaron a partir de la década de 1960 (Pasztor y Coelho, 1978; Darrow, 1985). En Argentina en 1980 se instaló uno de los primeros ensayos de especies de *Eucalyptus* donde *E. maculata* (actualmente *Corymbia maculata*) al 15.º año de edad tuvo un crecimiento destacado, aunque inferior a *E. grandis*, *E. dunnii* y *E. saligna* (Marcó y Mendonza, 1997). En Australia, dada la revalorización de estos taxones, la domesticación de *Corymbia* spp. se reinició a partir de 1999 (Smith *et al.*, 2007).

Con el propósito de incorporar y estudiar la adaptabilidad de otras latifoliadas alternativas para usos sólidos de alto valor, el INTA Bella Vista (Ctes.) realizó la introducción de una valiosa colección de 22 lotes de semilla de material salvaje cosechados en el área de distribución natural de *Corymbia* spp. Esta colección fue instalada en tres sitios de la región Mesopotámica. Por ello, el principal objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento y la rectitud del fuste de dichos materiales al 9.º año de edad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la tabla 1 se describen los 22 orígenes evaluados de los taxones *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* (CCC), *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (CCV) y *Corymbia maculata* (CM).

El material fue producido en el vivero de la EEA del INTA Bella Vista (28° 26' 48 S; 58° 58' 57 O) e implantado en tres sitios de la región Mesopotámica (tabla 2). El diseño experimental adoptado fue el de set en bloques con 5 repeticiones y unidades experimentales de 2 filas de 4 árboles sin bordura. La distancia de plantación en el S1 y S2 fue de 3 m x 3 m y en el S3 de 2,9 m x 2,9 m.

Al 9.º año de edad se midió el diámetro a 1,30 m de altura (DAP) y la altura total (ALT). Los individuos con DAP inferior a 10 cm no fueron considerados.

Dado que en la región no existen desarrolladas funciones de volumen para *Corymbia* spp., las estimaciones de los volúmenes individuales con corteza expresados en m<sup>3</sup> (VOL) fueron calculados con un coeficiente mórfico de 0,5 (Scolforo y Figueiredo Filho, 1998, Santos *et al.*, 2015) utilizando la siguiente ecuación:  $VOL = (\pi/4) \times (DAP)^2 \times ALT \times 0,5$  donde  $\pi = 3,14$ , DAP y ALT expresados en metros.

La rectitud del fuste (RF) se ponderó a través de una apreciación subjetiva de cuatro clases (1=RF Mala y 4= RF Muy Buena).

Para el análisis de los sitios en forma individual y para el conjunto de estos se aplicó la metodología de modelos lineales mixtos utilizando el procedimiento MIXED (SAS, 2011). Este procedimiento estima los componentes de varianza de los efectos aleatorios utilizando REML (Máxima Verosimilitud Restringida). Para determinar las diferencias estadísticas entre taxones y entre orígenes dentro de taxones, considerándolos como efectos fijos, se procesó el método TYPE 3 del procedimiento MIXED. Debido al desbalance producido al no incluir en el análisis a los individuos con DAP inferior a 10 cm, las medias de taxones y orígenes fueron estimadas a través de los mínimos cuadrados utilizando la sentencia LSMEANS (SAS, 2011). Para las comparaciones múltiples entre las medias de los taxones 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.

Para el análisis de cada ensayo en forma individual, se utilizó el siguiente modelo lineal mixto:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + BT_{ij} + O(T)_{kj} + \varepsilon_{ijk}$$

donde  $\mu$  es la media general;  $B_i$ , el efecto de bloques;  $T_j$ , el efecto de taxones;  $BT_{ij}$ , la interacción bloques por taxones;  $O(T)_{kj}$ , el efecto de orígenes dentro de taxones y  $\varepsilon_{ijk}$  corresponden a los residuos aleatorios.

Para el análisis conjunto, con el fin de remover posibles efectos de escala y homogeneizar la estructura de las varianzas, los datos de VOL fueron estandarizados dividiendo cada valor individual por el desvío estándar fenotípico del bloque en el que se encontraba dicho individuo (Falconer, 1983; White, 1996). La RF no fue estandarizada dada la similitud de los Cuadrados Medios Residuales de los 3 ensayos. El modelo lineal mixto utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_l + B(S)_{il} + T_j + ST_{lj} + O(T)_{kj} + SO(T)_{ljk} + \varepsilon_{ijkl}$$

donde  $\mu$  es la media general; SI, el efecto de sitios; B(S)il, el efecto de bloques dentro de sitios; Tj, el efecto de taxones; STlj, la interacción sitios por taxones; O(T)kj, el efecto de orígenes dentro de taxones; SO(T)lkj, la interacción sitios por orígenes dentro de taxones y  $\varepsilon$  ijkl

corresponden a los residuos aleatorios. Para la estimación de los componentes de varianza solo sitios y bloques dentro de sitios fueron asumidos como efectos fijos.

Para estimar la correlación genética Tipo B a nivel de taxones (rgBT) y de orígenes dentro de taxones (rgBO)

N.º de orden	N.º CSIRO	Orígenes	N.º de madres	Latitud	Longitud	Altitud
<b><i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>citriodora</i> (CCC)</b>						
1	20014	Mt Janet (QLD)	7	15° 53'	144° 42'	700
2	19385	Cheviot Hills (QLD)	61	19° 38'	144° 38'	920
3	20015	Killarny Station (QLD)	10	22° 10'	149° 19'	400
4	20016	Gladstone (QLD)	8	23° 50'	151° 09'	20
5	20012	Dawson Range (QLD)	9	24° 00'	149° 31'	300
6	19692	Springsure (QLD)	7	24° 13'	148° 12'	450
7	20017	Kroombit Tops (QLD)	12	24° 26'	151° 03'	800
8	19693	Monto SF (QLD)	10	24° 48'	150° 59'	500
<b><i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>variegata</i> (CCV)</b>						
11	19694	Monto SF (QLD)	9	24° 49'	150° 56'	475
12	19666	Mount Moffat NP (QLD)	10	24° 53'	147° 59'	1.000
13	19665	Saddler Springs (QLD)	15	25° 06'	148° 04'	700
14	19691	Murphy Range (QLD)	10	25° 17'	149° 11'	420
15	19690	Mt Hutton (QLD)	10	25° 52'	148° 16'	650
16	19664	Barakula SF (QLD)	11	26° 16'	150° 32'	300
17	19469	Richmond Range SF (NSW)	12	28° 50'	152° 44'	350
18	19564	Paddys Land SF (NSW)	13	30° 06'	152° 10'	1.100
<b><i>Corymbia maculata</i> (CM)</b>						
19	20150	Curryall SF (NSW)	11	32° 04'	149° 50'	650
21	19308	Kyola SF (NSW)	11	35° 35'	150° 20'	70
22	19308	Nelligen (NSW)	12	35° 37'	150° 04'	200
23	19422	Bodalla SF (NSW)	10	36° 11'	150° 06'	60
24	19421	Munbala SF (NSW)	10	36° 38'	149° 56'	120
25	19382	Mottle Range (VIC)	10	37° 37'	148° 13'	280

**Tabla 1.** Materiales evaluados de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* (CCC), *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (CCV) y *Corymbia maculata* (CM).

QLD: Queensland

NSW: New South Wales

	S1	S2	S3
<b>Localidad</b>	Bella Vista. Corrientes	Paso de los Libres. Corrientes	Humaitá. Entre Ríos
<b>Latitud (S)</b>	28° 26' S	29° 32' S	31° 46' S
<b>Longitud (O)</b>	58° 55' O	57° 02' O	58° 06' O
<b>Altitud (m s. n. m.)</b>	70	25	57
<b>Suelo</b>	Arenoso profundo. Suborden UDALFES	Arenoso hidromórfico. Suborden ACUEPTES	Arenoso pardo. Suborden UMBREPTS

**Tabla 2.** Características generales de los sitios de ensayo.

considerando los tres ensayos en conjunto se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$rgB T = \frac{\sigma^2 T}{\sigma^2 T + \sigma^2 ST}$$

$$rgB O = \frac{\sigma^2 O(T)}{\sigma^2 O(T) + \sigma^2 SO(T)}$$

Adicionalmente y a efectos de contar con una estimación aproximada de ganancias genéticas individuales en VOL, esta información fue analizada utilizando la metodología de modelos mixtos (modelo lineal mixto univariado) utilizando el programa SELEGEN-REML/BLUP (Versión 2014) que permite el análisis de varias poblaciones en bloques y sin estructura familiar (Modelo 24). Este procedimiento solicita una estimación de la heredabilidad aditiva individual, la que se obtuvo de la literatura (Resende, 2006). En este sentido y según Cornelius (1994); Smith *et al.* (2007) y Hung *et al.* (2016) se utilizó un valor promedio para la heredabilidad aditiva de 0,22.

El modelo individual utilizado, en notación matricial, se consigna a continuación:

$$y = Xb + Zg + Wp + \varepsilon$$

donde  $y$  es el vector de datos,  $b$  es el vector de los efectos de bloques (asumidos como fijos) y sumados a la media general,  $g$  es el vector de los efectos genotípicos de los orígenes (asumidos como aleatorios),  $p$  es el vector de los efectos de parcela y  $\varepsilon$ , el vector de los residuos (aleatorios).  $X$ ,  $Z$  y  $W$  representan las respectivas matrices de incidencia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se observa que en los tres sitios de ensayo, como en el análisis conjunto, las unidades taxonómicas mostraron diferencias altamente significativas para todas las variables analizadas ( $P < 0,0001$ ). Se destaca *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* como el taxón de mejor comportamiento en crecimiento volumétrico y rectitud del fuste coincidiendo con lo reportado por Pasztor y Coelho (1978), Darrow (1985) y Smith *et al.* (2007). En este sentido, en los S1 y S2 CCV fue estadísticamente superior ( $P < 0,05$ ) en volumen a CCC y CM. En cambio, en el S3 tuvo 2,7% menos volumen que CM aunque sin diferenciarse estadísticamente. En cuanto a la rectitud del fuste (RF) *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* fue superior a las otras dos entidades a través de los tres sitios.

Cabe destacar que *Corymbia maculata*, una de las entidades más conocidas en la región, fue mejorando su adaptabilidad a medida que la latitud fue más coincidente con la de su zona de distribución natural, así en el S1 fue la de menor crecimiento, en el S2 solo fue superada por CCV y en el S3 fue el taxón de mayor productividad en volumen (0,228 m<sup>3</sup>) aunque estadísticamente no se diferenció de CCV.

Examinando la variación de los orígenes dentro de taxones se puede ver que en el S1 las diferencias fueron altamente

significativas ( $P < 0,0001$ ) para todas las variables analizadas. En el S2 a excepción de la ALT y la RF para el DAP y el VOL no se detectaron diferencias y en el S3 las diferencias fueron más ajustadas para el DAP y VOL ( $P = 0,0415$  y  $0,0249$  respectivamente) y la RF no mostró diferencias entre orígenes dentro de taxones (tabla 3). No obstante, en los tres sitios y dentro de cada uno de los taxones evaluados fue posible identificar orígenes de excelente comportamiento, particularmente entre los orígenes de CCV con crecimientos similares a los producidos por *E. grandis* y *E. dunnii* en sitios semejantes (Marcó y López, 1995; Marcó y Mendonza, 1997; López, 2011).

El análisis conjunto para VOL y RF evidenció diferencias altamente significativas ( $P < 0,0001$ ) entre sitios, taxones y entre orígenes dentro de taxones (tablas 3 y 4). La interacción entre taxones por sitio resultó significativa para VOL con una  $rgB$  de 0,513 y para RF no fue significativa con una  $rgB$  de 0,972. El comportamiento interactivo del VOL puede ser explicado por el desempeño del taxón CM que en el S1 fue el de menor crecimiento y en el S3 el de mayor (tabla 3).

La interacción de los orígenes dentro de taxones a través de los sitios para VOL y RF resultó no significativa con una  $rgB$  de 0,769 y 0,993 respectivamente. Este resultado indica que los orígenes correspondientes a cada unidad taxonómica no alteraron su comportamiento relativo a través de los sitios, más fuertemente en la rectitud del fuste que en el VOL. En este sentido, considerando VOL y RF (tabla 3) en el taxón CCC se destacaron los orígenes 2- Cheviot Hills (QLD) y 8-Monto SF (QLD), en el taxón CCV, aunque sin diferenciarse estadísticamente, los orígenes 17- Richmond Range SF (NSW), 12- Mount Moffat NP (QLD), 13-Saddler Springs (QLD) y 15- Mt Hutton (QLD) y en el taxón CM los orígenes 22-Nelligen (NSW), 23- Bodalla SF (NSW) y 21- Kyola SF (NSW).

Los resultados obtenidos muestran que entre los taxones de *Corymbia* evaluados, *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* se destacó como la entidad más promisoría ya que posee los mejores crecimientos y una buena rectitud del fuste. Evaluaciones preliminares realizados en el S2 por López *et al.* (2009) señalan que a pesar de tratarse de material salvaje, los crecimientos promedios de algunos orígenes de CCV son comparables a los de *Eucalyptus grandis* comercial (SAFCOL 2.0). Así mismo, resultados obtenidos por López (2016) muestran que CCV tiene una densidad básica de la madera de 712 kg/m<sup>3</sup> en promedio. Estos altos valores de densidad ubican a este taxón en una posición destacada para acceder a los estratos más altos de la cadena de valor (por ejemplo: pisos, partes de muebles exigentes en material de alta resistencia mecánica). Sumado a lo mencionado por estos autores, cabe consignar que CCV no tiene buena tolerancia a las bajas temperaturas, tiene baja capacidad de enraizamiento y es susceptible a *Quambalaria pitereka* no obstante, la generación de híbridos con *Corymbia torelliana* sería una estrategia a iniciar a efectos de salvar dichas desventajas, tal como indican los resultados obtenidos por Lee *et al.* (2005).

Dado el buen comportamiento de CCV, la no disponibilidad de semilla local y la existencia de muy buenos

	S1				S2				S3				CONJUNTO	
	DAP	ALT	VOL	RF	DAP	ALT	VOL	RF	DAP	ALT	VOL	RF	VOL	RF
<b>Taxones</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001
<b>Orig. (Tax.)</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,6049	0,0045	0,4181	<0,0001	0,0415	0,0003	0,0249	0,0814	<0,0001	<0,0001
<b>Promedio de Taxones</b>														
<b>CCC</b>	15,0 b	17,0 b	0,165 b	1,8 c	16,2 b	18,8 b	0,211 b	2,5 c	14,7 b	16,8 c	0,153 b	2,1 c	0,179 b	2,1 c
<b>CCV</b>	16,8 a	19,2 a	0,234 a	2,6 a	18,0 a	20,4 a	0,281 a	3,0 a	16,7 a	18,8 a	0,222 a	3,0 a	0,247 a	2,8 a
<b>CM</b>	14,5 c	16,0 c	0,143 c	2,4 b	16,4 b	18,2 b	0,209 b	2,8 b	17,4 a	18,1 b	0,228 a	2,8 b	0,185 b	2,6 b
<b>Promedio de Orígenes</b>														
<b>1</b>	12,8	12,6	0,085	1,0	13,6	15,0	0,114	1,5	13,0	13,9	0,102	1,4	0,100 i	1,2 j
<b>2</b>	17,6	19,5	0,251	2,0	16,8	19,0	0,218	2,8	16,2	17,9	0,191	2,5	0,225 bcd	2,4 fgh
<b>3</b>	13,4	16,2	0,119	2,1	15,6	18,2	0,185	2,2	14,2	16,4	0,133	2,1	0,145 hi	2,1 hi
<b>4</b>	14,2	16,6	0,139	1,6	15,9	19,1	0,212	2	14,1	15,7	0,128	1,7	0,162 gh	1,8 i
<b>5</b>	14,9	18,2	0,167	2,0	16,1	19,2	0,214	2,9	14,4	17,9	0,151	2,8	0,179 fgh	2,5 def
<b>6</b>	16,5	17,5	0,207	2,2	17,1	19,7	0,248	2,5	--	--	--	--	0,223 bcde	2,4 fgh
<b>7</b>	14,2	16,6	0,140	1,9	17,4	19,5	0,254	2,6	15,7	17,9	0,181	2,1	0,186 efg	2,2 gh
<b>8</b>	16,1	18,8	0,201	2,2	16,5	20,0	0,236	3,1	15,9	18,2	0,185	2,4	0,210 cdef	2,5 def
<b>11</b>	16,1	19,4	0,210	2,2	17,9	21,3	0,285	2,9	16,6	19,1	0,220	3,0	0,236 abc	2,8 bcd
<b>12</b>	17,9	19,5	0,274	2,6	18,3	20,9	0,295	3,1	16,0	18,8	0,201	3,2	0,265 a	2,9 abc
<b>13</b>	17,6	20,0	0,268	2,7	18,4	20,7	0,292	3,1	15,1	18,3	0,174	3,3	0,252 ab	2,9 abc
<b>14</b>	16,5	20,0	0,235	2,6	17,6	19,9	0,260	3	15,7	18,1	0,186	2,8	0,234 abc	2,8 bcd
<b>15</b>	17,2	19,0	0,240	2,8	18,3	20,7	0,292	2,7	16,6	18,9	0,215	2,9	0,250 ab	2,8 bcd
<b>16</b>	16,1	19,2	0,216	2,3	18,0	20,5	0,280	2,6	17,5	19,8	0,240	2,9	0,243 abc	2,5 def
<b>17</b>	16,8	18,9	0,232	3,1	17,9	19,7	0,284	3,3	19,1	18,9	0,299	3,3	0,265 a	3,2 a
<b>18</b>	16,3	17,8	0,204	3,0	18,0	19,5	0,266	3,2	16,7	18,2	0,235	3,0	0,231 abc	3,0 ab
<b>19</b>	14,4	16,3	0,144	2,6	15,8	18,1	0,189	2,6	17,4	18,6	0,237	2,8	0,181 fgh	2,7 cdef
<b>21</b>	15,1	16,0	0,158	2,4	16,2	18,5	0,205	2,6	17,5	18,7	0,232	2,6	0,193 defg	2,5 ef
<b>22</b>	14,4	16,1	0,141	2,4	17,6	18,8	0,250	2,9	17,9	18,0	0,240	3,1	0,206 cdef	2,7 cde
<b>23</b>	14,9	15,7	0,145	2,4	15,9	17,9	0,193	2,7	18,1	19,3	0,256	3,0	0,190 defg	2,6 cdef
<b>24</b>	13,4	15,0	0,108	2,2	16,1	17,6	0,193	2,8	16,6	16,5	0,192	2,5	0,157 gh	2,5 efg
<b>25</b>	14,6	16,3	0,147	2,7	16,4	18,6	0,214	3,1	17,0	17,8	0,213	2,8	0,184 fg	2,8 bcd
$\bar{\chi}$	15,5	17,7	0,186	2,3	16,9	19,3	0,239	2,7	16,4	18,1	0,205	2,7	0,205	2,5

**Tabla 3.** Nivel de probabilidad obtenido en el análisis de la varianza en cada sitio y para el conjunto de los sitios, medias de taxones y orígenes.

Medias de taxones y orígenes ajustadas por LSMEAS

Taxones con igual letra no difieren a  $p < 0,05$ .

$\bar{\chi}$  : promedio general del ensayo.

Fuentes de Variación	Nivel de probabilidad		Componentes de varianza	
	VOL	RF	VOL	RF
Sitios	<0,0001	<0,0001	---	---
Taxones	<0,0001	<0,0001	0,07041	0,1194
Taxones x Sitios	<0,0001	0,1431	0,06685	0,00335
Orígenes (Taxones)	<0,0001	<0,0001	0,04012	0,07118
Orígenes (Taxones) x Sitio	0,144	0,6504	0,01205	0,00045
rgB Taxones			0,513	0,972
rgB Orígenes (Taxones)			0,769	0,993

**Tabla 4.** Resultados del análisis conjunto para VOL y RF, componentes de varianza y correlaciones genéticas tipo B.



ejemplares en los 3 sitios analizados donde en el tercer cuartil, considerando el promedio de los tres sitios, se constató la existencia de individuos entre 29% y 200% de mayor volumen que la media y entre 47% y 54% de ejemplares con rectitud del fuste superior al promedio (datos no presentados); como parte de una estrategia de corto plazo se seleccionaron fenotípicamente en dichos ensayos 30 ejemplares sobresalientes en VOL y RF utilizando las metodologías clásicas de selección masal (árboles comparación). De estos individuos se cosecharon semillas y ramas de copa a efectos de iniciar su movilización siguiendo el protocolo de propagación desarrollado por Vera Bravo y López (2011) y así establecer el primer Huerto semillero Clonal de CCV en Argentina, el cual permitirá abastecer de material seleccionado al sector forestal de la región.

En la tabla 5 se puede observar que la ganancia genética predicha promedio (GgP) de los 12 selectos de *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* en el S1 sería de 16,8% y los 9 individuos seleccionados en el S2 y S3 tendrían una GgP de 14,2% y 20,2% respectivamente. Tal como se consigna en dicha tabla algunos selectos aportarían muy poca ganancia y otros, que al aportar ganancias negativas, desmejorarían la calidad del HSC. No obstante, se espera que los ensayos de progenie establecidos con dicho material brinden la información para confirmar su inferioridad genética.

### CONCLUSIONES

El análisis a nivel de sitios individuales evidenció que *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* se destacó como el taxón de mejor comportamiento en crecimiento y rectitud

del fuste. En dos de los sitios evaluados CCV superó en volumen y rectitud del fuste a las otras entidades y en el tercer sitio tuvo un crecimiento levemente inferior a CM, aunque sin diferencias estadísticas significativas.

La interacción entre taxones por sitio resultó significativa para el volumen con una  $rgB$  de 0,51 siendo explicado este comportamiento interactivo por el desempeño de *Corymbia maculata* que fue mejorando su adaptabilidad a medida que la latitud fue más coincidente con la de su zona de distribución natural.

El análisis conjunto a nivel de orígenes dentro de taxones reveló baja interacción a través de los sitios ya que la correlación genética fue alta tanto para el volumen como para la rectitud del fuste ( $rgB = 0,77$  y  $0,99$  respectivamente).

Dada la existencia de muy buenos ejemplares dentro de los orígenes de los CCV, se seleccionaron 30 ejemplares sobresalientes en volumen a través de los tres sitios. Estos individuos luego de movilizados y propagados vía injerto, conformarán el primer Huerto Semillero Clonal de CCV en Argentina. Se prevé que la ganancia genética de dicho Huerto será aproximadamente del 17% en relación con el volumen promedio de todos los individuos evaluados de CCV.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Ftal. Mariano A. Hernández y a los auxiliares Juan Sanchez, Cristian Almirón y José Ruiz Díaz por su valiosa colaboración en el trabajo de campo.

S1				S2				S3			
Origen	VOL	RF	GgP%	Origen	VOL	RF	GgP%	Origen	VOL	RF	GgP%
18	0,443	4	23,9	12	0,744	4	32,5	17	0,439	4	38,3
17	0,346	4	23,2	18	0,643	4	27,0	17	0,397	4	33,0
12	0,363	4	22,7	17	0,615	4	22,7	17	0,386	4	31,9
17	0,386	4	20,3	12	0,605	4	20,7	18	0,473	4	31,5
13	0,507	4	20,0	11	0,483	3	17,2	18	0,414	4	24,3
15	0,357	3	18,7	11	0,425	4	7,1	15	0,392	4	18,4
15	0,435	4	17,2	12	0,367	4	6,1	12	0,31	4	3,2
13	0,392	3	15,6	17	0,271	4	0,7	13	0,309	4	1,2
18	0,392	4	15,4	18	0,274	3	-3,1	12	0,25	4	-0,2
17	0,244	4	13,2								
18	0,312	4	6,2								
12	0,328	4	5,4								
<b>GgP</b>			16,8				14,5				20,2
$\bar{\chi}$	0,234	2,6		0,281	3			0,222	3		

**Tabla 5.** Ganancia genética predicha (GgP %) en VOL de los 30 individuos seleccionados de *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* en relación con la media general del taxón en cada sitio.

VOL y RF corresponden a los valores fenotípicos medidos en los ensayos; GgP %: ganancia genética predicha de los individuos seleccionados en cada sitio expresada en %; GgPp: ganancia genética promedio por sitio;  $\chi$ : media fenotípica de CCV en cada sitio.

## BIBLIOGRAFÍA

- CORNELIUS, J. 1994. Heritabilities and additive genetic coefficients of variation in forest trees. *Can. J. For. Res.* 24:372-379.
- DARROW, K. 1985. Provenance trials of *Eucalyptus maculata* in South Africa: tenth year results. *South African Forestry Journal* 133: 12-18.
- FALCONER, D.S. 1983. Introducción a la genética cuantitativa. Capítulo 17. Cia. Editorial Continental. México D. F. pp. 347-356.
- GARDNER, R.A.W.; LITTLE, K.M.; ARBUTHNOT, A. 2007. Productivity of new eucalypts in Zululand. *Australian Forestry* 70: 37-47.
- HILL, K.D.; JONHSON, L.A.S. 1995. Systematic studies in the eucalyptus. 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). *Telopea* 6:185-504.
- HUNG, T.D.; BRAWNER, T.J.; LEE, D.J.; MEDER, R.; DIETERS, M.J. 2016. Genetic variation in growth and wood-quality traits of *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* across three sites in south-east Queensland, Australia. *Journal of Forest Science* Volume 78: 225-239.
- LEE, D.; NIKLES, G.; POMROY, P.; BRAWNER, J.; WALLACE, H.; STOKOE, R. 2005. *Corymbia* species and hybrids: a solution to Queensland hardwood plantations? *Corymbia* Research Meeting. Gympie, Queensland 1-2 junio de 2005. 5-7.
- LEE, D.J.; HUTH, J.R.; OSBORNE, D.O.; HOGG, B.W. 2010. Selecting hardwood taxa for wood and fibre production in Queensland's Subtropics. *Australian Forestry*. Vol 73, N.º 2:106-114.
- LÓPEZ, J.A. 2016. Variación de propiedades físicas de la madera de *Corymbia* sp. En: Domesticación y Mejoramiento de Especies Forestales. Ministerio de Agroindustria. UCAR. pp. 70-71.
- LÓPEZ, A.J. 2011. *Eucalyptus grandis* en el Sudeste de Corrientes: propiedades físicas y químicas del suelo relacionadas con la producción volumétrica. En: xxv Jornadas Forestales de Entre Ríos. 20 y 21 de octubre de 2011. p. 7.
- LÓPEZ, J.A. (h.); HERNANDEZ, M.; GENES, P.Y. 2009. *Corymbia* spp. ¿Una alternativa para usos sólidos de alto valor? Análisis de 22 orígenes a los 9 años de edad. En: Reunión Conjunta Consorcio Forestal Corrientes Norte-Consorcio Forestal Río Uruguay. Establecimiento Buena Vista ii. Forestal Argentina S. A. p.8. (Disponible:<http://anterior.inta.gov.ar/bellavista/info/documentos/forestales/corymbia.pdf> verificado: 18 de octubre de 2016).
- MARCÓ, M.A.; MENDONZA, L.A. 1997. Especies de eucaliptos de valor potencial para el noreste de la provincia de Entre Ríos, Argentina. 1.º Congreso Forestal Hispano Luso y 2.º Congreso Forestal Español. 371-376.
- MARCÓ, M.A.; LÓPEZ, J.A. (h). 1995. Performance of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus dunnii* in the Mesopotamia region, Argentina. En: IUFRO Conference Eucalypt plantations: Improving Fibre Yield and Quality, Hobart, Australia: 19-24.
- PASZTOR, Y.P.; COELHO, L.C.C. 1978. A provenance trial with *Eucalyptus maculata* Hook.: preliminary results. En: BROWN, A.G.; PALMBERG, C.M. (comp.). Proceedings of the Third World Consultation on Forest Tree Breeding, 21-26 de marzo de 1977. CSIRO, Canberra, 1: 381-391.
- RESENDE, M.D.V. 2006. O software Selegen-Reml/Blup. Documentos Embrapa. Campo Grande. p. 300.
- SANTOS, P.E.T.; PALUDZYSZYN FILHO, E.; SILVA, L.T.; VANDRESEN, P.B. 2015. Genetic variation for growth and selection in adult plants of *Eucalyptus badjensis*. *Genetics and Molecular Biology*, 38, 4: 457-464.
- SAS. 2011. SAS/STAT 9.3 User's guide. SAS Institute Inc., Cary NC: p. 7881.
- SCOLFORO, J.R.S.; FIGUEIREDO FILHO, J. 1998. Biometría florestal: medição e volumetria de árvores. Lavras: UFLA/FAEPE. CDD-634.9285. p. 310.
- SELEGEN-REML/BLUP. 2014. Sistema Estatístico e Selecao Genética Computadorizada. Embrapa-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. INPI N.º 00052763. (Disponible: [http://www.det.ufv.br/ppestbio/corpo\\_docente.php](http://www.det.ufv.br/ppestbio/corpo_docente.php) verificado: 25 de agosto de 2016).
- SMITH, H.J.; HENSON, M.; BOYTON, S. 2007. Forests NSW' Spotted gum (*Corymbia* spp.) Tree improvement and deployment strategy. Australasian Forest Genetics Conference: Breeding for Wood Quality. Incorporating meetings of the Australasian Forestry Research Working Group 1 (Genetics) and the IUFRO Southern Pine Working Group (2.02.20). 11-14 de abril de 2007, The Old Woolstore, Hobart, Tasmania, Australia.
- VERA BAVO, C.D.; LÓPEZ, J.A. (h). 2011. Avances en la propagación vegetativa de *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (F. MUELL). v Reunión GEMFO. 15 al 17 de noviembre de 2011. Buenos Aires, Argentina.
- WHITE, T.L. 1996. Genetic parameter estimates and breeding value predictions: Issues and implications in the tree improvement programs. Proc. IUFRO Tree Improvement for Sustainable Tropical Forestry. Queensland, Australia: 110-117.