
EVALUACION DE ESPECIES Y ORIGENES DE *EUCALYPTUS* AL QUINTO AÑO

Fernando Resquín*

Gustavo Balmelli**

* Ing. Agr. Programa Nacional Forestal, INIA Tacuarembó.

** Ing. Agr. M.Sc. Programa Nacional Forestal, INIA Tacuarembó.

Título: EVALUACION DE ESPECIES Y ORIGENES
DE *EUCALYPTUS* AL 5^{TO} AÑO

Autores: Fernando Resquín
Gustavo Balmelli

Serie Técnica N° 106

© 1999, INIA

ISBN: 9974-38-103-7

Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA.
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

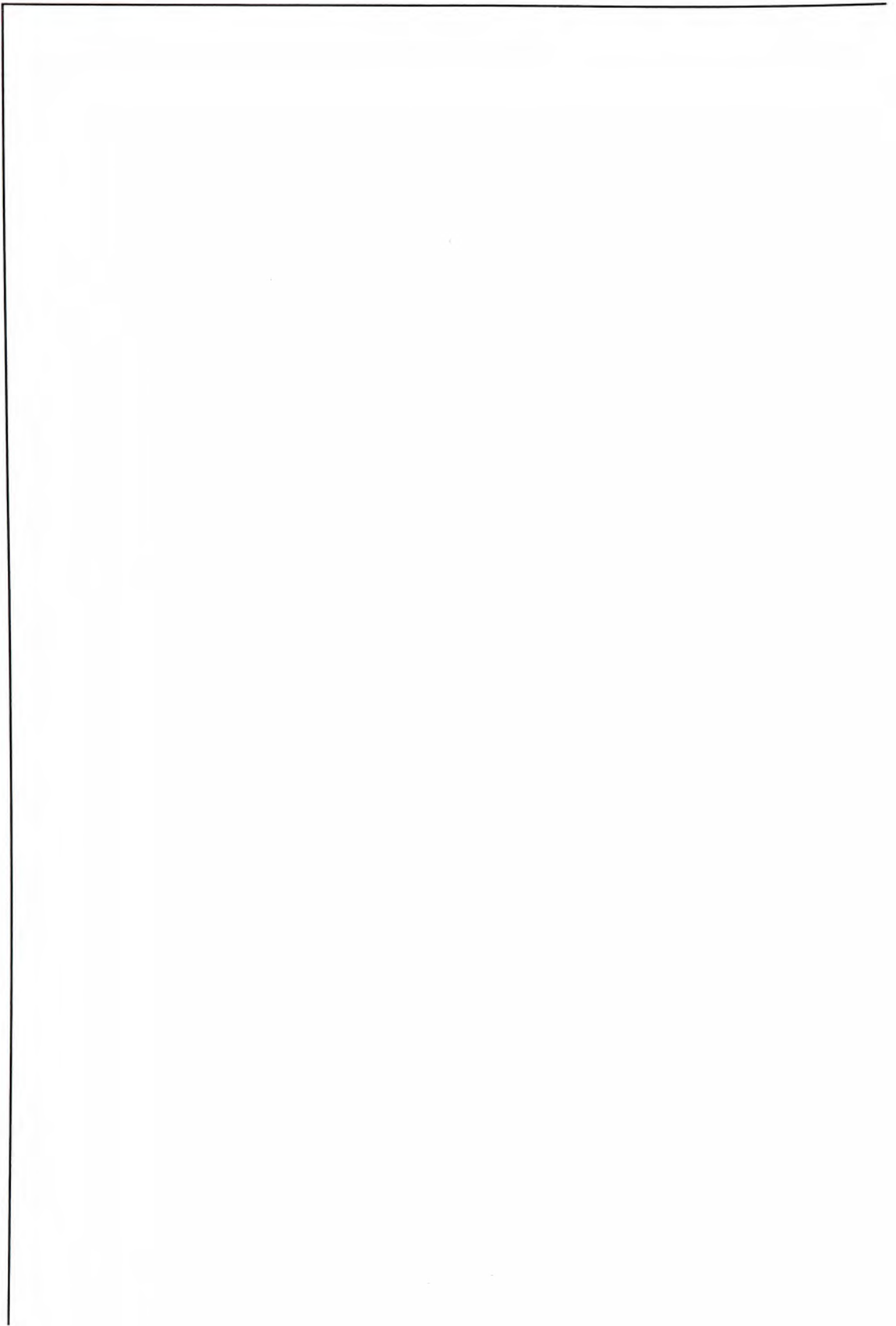
Edición Amparada al Decreto 218/98

Depósito Legal 314.470/99

Impreso en Hemisferio Sur

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. MATERIALES Y METODOS	1
II.1. Características de los ensayos	1
II.2. Parámetros medidos	2
II.3. Análisis efectuados	3
III. RESULTADOS Y DISCUSION	3
III.1. Análisis conjunto de los tres sitios	3
Efecto sitio	3
Interacción genotipo-ambiente	3
a. Interacción especie-sitio	5
b. Interacción origen-sitio	5
III.2. Análisis de cada sitio	5
Ensayo en Tacuarembó	6
a. Comportamiento de las diferentes especies	6
b. Comportamiento de los diferentes orígenes dentro de cada especie	6
Ensayo en Guichón	13
a. Comportamiento de las diferentes especies	13
b. Comportamiento de los diferentes orígenes dentro de cada especie	14
Ensayo en Villa Serrana	16
a. Comportamiento de las diferentes especies	16
b. Comportamiento de los diferentes orígenes dentro de cada especie	16
IV. CONCLUSIONES	19
V. CONSIDERACIONES FINALES	20
VI. AGRADECIMIENTOS	20
VII. BIBLIOGRAFIA	20



EVALUACION DE ESPECIES Y ORIGENES DE *EUCALYPTUS* AL 5^{TO} AÑO

I. INTRODUCCION

La evaluación de la adaptación y la productividad de especies y orígenes de eucaliptos en las diferentes zonas de prioridad forestal es una de las principales líneas de investigación del Programa Nacional Forestal del INIA.

Dentro de este marco, en el año 1992 se instaló una red de ensayos en las principales zonas forestales (Zonas 7, 9 y 2 según la clasificación del CIDE) con los siguientes objetivos:

1) comparar el comportamiento de las tres especies más plantadas en el país (*Eucalyptus grandis*; *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii*), así como el de una cuarta especie, *Eucalyptus bicostata*, incluida como promisoría por su mayor tolerancia al frío (Gentili, 1961; Golfari *et al.* 1978 y FAO, 1981)¹.

2) determinar, dentro de cada especie, la o las fuentes de semilla más recomendables para nuestras condiciones.

3) evaluar la influencia del sitio en el comportamiento de estas especies y orígenes y cuantificar la importancia de la interacción genotipo-ambiente (especie-sitio y origen-sitio).

En un primer estudio ya publicado (Balmelli, 1993), se evaluó el comportamiento de estas especies y orígenes frente a las heladas. En el presente trabajo se presenta la información obtenida al quinto año de crecimiento para algunos indicadores tanto de adaptación y productividad (sobrevivencia y velocidad de crecimiento) como de calidad (forma del fuste, desrame natural, densidad de madera y porcentaje de corteza) de los diferentes materiales evaluados.

II. MATERIALES Y METODOS

II.1. Características de los ensayos

En la primavera de 1992 (setiembre y octubre) se instalaron tres ensayos de especies y orígenes de *Eucalyptus* en Tacuarembó, Paysandú y Lavalleja. Las características de estos sitios en cuanto a su ubicación geográfica se describen en el cuadro 1.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de parcela es de 30 plantas, formada por tres filas de 10 plantas cada una.

Cuadro 1. Ubicación de los ensayos.

Departamento	Localidad	Latitud	Longitud	Altitud	Suelo
Tacuarembó	Ruta 5, km 386	31°42'	56° 00'	100/150	7.2
Paysandú	Guichón, Ruta 25 y Ruta 4	32°20'	57°16'	50/100	9.2
Lavalleja	Villa Serrana, Ruta 8, Km 148	34°17'	55°00'	300/350	2.11 ^a

¹ *Eucalyptus maidenii* y *Eucalyptus bicostata* son considerados por algunos taxonomistas como subespecies de *Eucalyptus globulus*. Por simplicidad en este trabajo, se hace referencia a ellos como especie.

La preparación del suelo fue laboreo total en Tacuarembó y Guichón y en surcos en Villa Serrana. La distancia de plantación es de 3 metros entre filas y 2.5 metros entre plantas. No se aplicó fertilizante.

En cada ensayo se evalúan 4 especies: *E. grandis*, *E. maidenii*, *E. globulus* y *E. bicostata*, cada una representada por un número variable de orígenes, los cuales son detallados en el cuadro 2. La gran mayoría de los mismos fueron introducidos desde Australia salvo dos que provienen de Argentina.

II.2. Parámetros medidos

En los meses de julio y agosto de 1993, 1995 y 1997 se midió la altura de todos los árboles. En 1995 y 1997 se midió, simultáneamente con la altura, el diámetro a la altura del pecho (DAP). La altura fue medida con regla telescópica y el diámetro con forcípula.

Con los datos de las mediciones de 1995 y 1997 se realizó el cálculo de sobrevivencia, volumen cilíndrico con corteza por árbol y por hectárea, utilizándose un factor de forma de 0.5.

Cuadro 2. Lista de materiales en evaluación.

Seedlot	Especie	Localidad	Lat.	Long.	Alt.	Padres
14838	GRANDIS 17	WNW Cardwell QLD	18°14'	143°00'	620	7
16892	GRANDIS 18	Kin Kin QLD	26°12'	153°10'	40	12
16583	GRANDIS 19	Atherton QLD	17°18'	145°25'	1100	10
17709	GRANDIS 20	Windsor Tableland QLD	16°12'	145°10'	1250	16
16839	GRANDIS 21	W of Coffs Harbour NSW	30°15'	152°58'	450	20
17562	GRANDIS 22	30 k SW Cairns. QLD	17°13'	145°42'	700	10
15921	GRANDIS 23	Kempsey Tan Ban SF NSW	30°52'	152°51'	50	6
15508	GRANDIS 24	W of Beelwah QLD	26°53'	152°50'	100	11
15875	GRANDIS 25	Baroon Pocket Maleny QLD	26°42'	152°53'	200	20
13895	GRANDIS 26	Wauchope NSW	31°20'	152°37'	80	7
	GRANDIS 27	Concordia				
	MAIDENII 1	Lujan				
17743	MAIDENII 2	Mt. Dromedary NSW	36°22'	150°20'	400	3
17745	MAIDENII 3	Bolaro Mountain NSW	35°40'	150°20'	380	5
17746	MAIDENII 4	Wyndham NSW	36°54'	149°38'	540	7
17742	MAIDENII 5	Black Range Via Eden NSW	37°10'	149°31'	320	37
17744	MAIDENII 6	Pool Road Via Eden NSW	37°12'	149°28'	480	8
17769	MAIDENII 7	Yurammie SF NSW	36°49'	149°45'	250	5
15917	MAIDENII 8	Bolaro Mountain NSW	35°40'	150°20'	360	7
16853	GLOBULUS 9	Otway State Forest VIC	38°45'	143°29'	260	3
17608	GLOBULUS 10	King Island TAS	39°56'	143°52'	40	22
16851	GLOBULUS 11	Otway State Forest VIC	38°45'	143°26'	160	8
16852	GLOBULUS 12	Great Ocean Road VIC	38°46'	143°31'	100	1
16369	BICOSTATA 13	Beechworth-Stanley VIC	36°23'	146°42'	750	10
16370	BICOSTATA 14	Mt. Strathbogie VIC	35°56'	145°57'	700	14
16366	BICOSTATA 15	Mt Cole SF VIC	37°18'	143°18'	600	15

En el año 1998 se realizó, en todos los árboles, una evaluación de forma de acuerdo a rectitud del fuste, al mismo tiempo que una evaluación de desrame natural. En ambos casos se usó una escala subjetiva de cinco puntos, siendo 5 la mejor evaluación y 1 la peor.

También se midió el peso específico (densidad) a través de dos formas no destructivas: una indirecta con el Pilodyn (modelo 6J Forest) y la otra mediante el método de máximo tenor de humedad MTH (Smith, 1954), utilizando un calador de Pressler de 5mm de diámetro. El Pilodyn se utilizó para todas las especies y el método MTH se utilizó para las especies *E. maidenii* y *E. globulus*. Con los dos métodos se muestrearon 10 árboles de cada parcela.

El Pilodyn consiste en un aparato que introduce una aguja en la madera en forma inversamente proporcional a su densidad y arroja resultados en milímetros. El método de máximo tenor de humedad, para el cálculo de peso específico aparente básico, se basa en la relación existente entre el peso seco de un volumen determinado de madera y el peso de un volumen igual de agua.

Con ambos métodos se realizaron dos mediciones por árbol a una altura de 1.30m, con orientación Este-Oeste. Para cada árbol (con los dos métodos) se utilizó el promedio de las dos mediciones.

Otra característica medida en el año 1998 fue el porcentaje de corteza. En este caso se eligieron 10 árboles representativos (de acuerdo a su crecimiento) de cada parcela. Se utilizó un medidor manual para medir el espesor de la corteza, realizándose dos mediciones por árbol, a la altura del pecho, con orientación Norte-Sur. Se calculó el volumen con corteza (Vol/cc) y sin corteza (Vol/sc), luego se calculó la proporción del Vol/sc con respecto al Vol/cc y finalmente se determinó el porcentaje de corteza.

II.3. Análisis efectuados

En los tres ensayos se realizaron análisis de varianza para sobrevivencia, volumen por árbol y volumen por hectárea. En el ensayo

de Tacuarembó, además de estas características, se analizaron: forma, desrame, profundidad de penetración del Pilodyn y porcentaje de corteza. El método usado fue el PROC GLM del SAS y en todos los casos fue hecho a nivel de media de parcelas. Los contrastes de medias se realizaron por el test de Duncan al 5% de significación.

Dado que los tres ensayos tienen las mismas especies y orígenes se realizó un análisis conjunto para determinar el efecto sitio y la magnitud de la interacción genotipo-ambiente. Dentro de este último aspecto se evaluó la interacción especie-sitio y para cada especie, la interacción origen-sitio.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

III. 1. Análisis conjunto de los tres sitios

Efecto sitio

Mediante el análisis de varianza se detectaron diferencias significativas entre sitios para sobrevivencia, volumen/árbol y volumen/hectárea (figuras 1, 2 y 3). La sobrevivencia presentó valores aceptables para los tres sitios, destacándose el ensayo en Tacuarembó por los mayores niveles de productividad, tanto individual como por hectárea.

Si bien en términos generales se reconoce a la Zona 7 como la más productiva desde el punto de vista forestal, la enorme disparidad observada con respecto a los otros dos sitios podría explicarse por los serios problemas de enmalezamiento que tuvieron los ensayos en Guichón y Villa Serrana en las primeras etapas del cultivo. El ensayo en Guichón sufrió además un importante daño de hormigas y el ensayo en Villa Serrana se vio afectado por la entrada de ganado. En ambos casos la especie más dañada fue *E. grandis*.

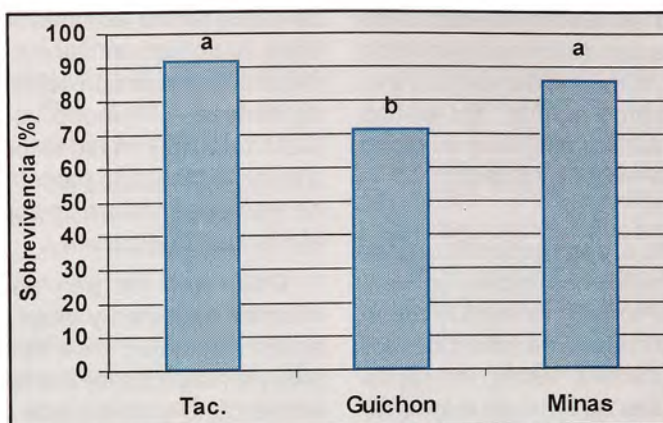


Figura 1. Sobrevivencia en los tres sitios.

Nota: los sitios con igual letra no difieren significativamente por el test de Duncan al 5%.

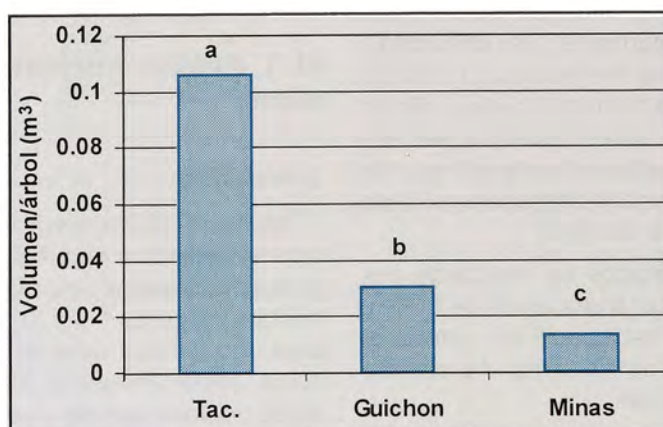


Figura 2. Volumen por árbol en los tres sitios.

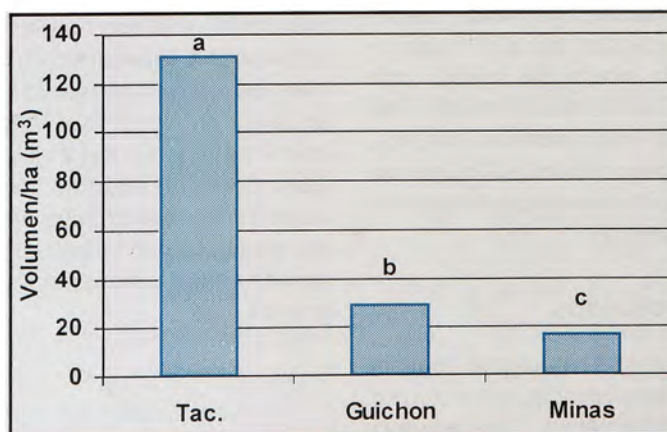


Figura 3. Volumen por hectárea en los tres sitios.

Interacción genotipo-ambiente

a. Interacción especie-sitio

En este análisis se observa que la interacción entre los sitios y las especies es significativa para las variables sobrevivencia, volumen/árbol y volumen/hectárea, con niveles de significación de 10, 5 y 1 %, respectivamente. Esto significa que ocurre un cambio relativo en el comportamiento de las diferentes especies en cada una de las zonas y que ese cambio es mayor, o más fácilmente detectable, para el volumen por hectárea y menor para la sobrevivencia (figuras 4, 5 y 6).

De estos resultados se observa que tanto en la zona de Tacuarembó como en la de Guichón las especies que en promedio tie-

nen mayor crecimiento son *E.grandis* y *E.maidenii*. En cambio en la zona de Minas *E.globulus* es el que presenta los mayores rendimientos seguido por *E.maidenii* y *E.bicostata*, ocupando *E.grandis* el último lugar.

b. Interacción origen-sitio

Así como ocurre un cambio relativo en el comportamiento de las especies en los diferentes sitios, puede ocurrir que los orígenes dentro de una especie se comporten de manera diferente en cada sitio.

El análisis de la interacción origen-sitio, realizado para las variables sobrevivencia; volumen/árbol y volumen/hectárea, reveló una tendencia diferente dentro de cada especie (cuadro 3).

Figura 4. Interacción especie-sitio para sobrevivencia.

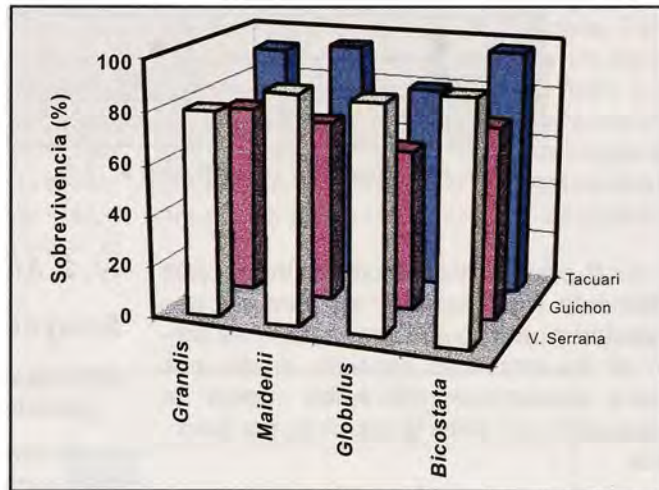


Figura 5. Interacción especie-sitio para volumen por árbol.

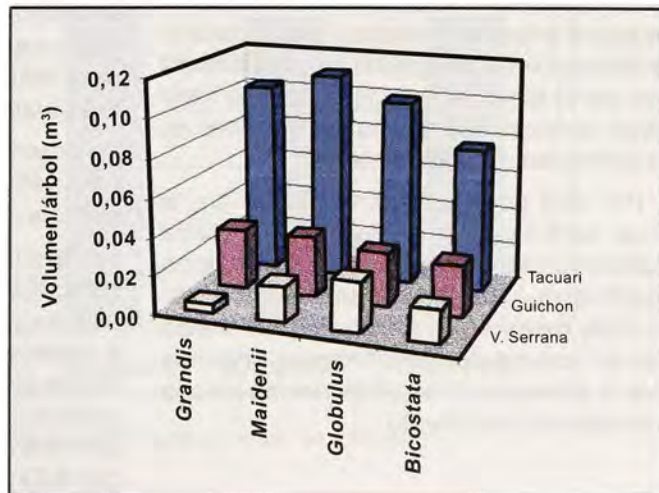
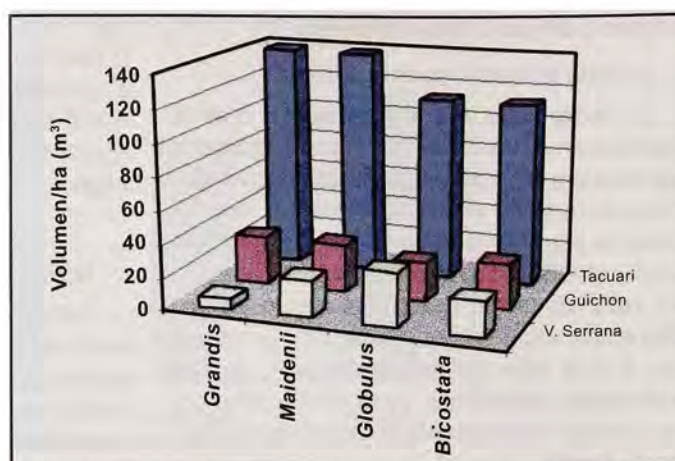


Figura 6. Interacción especie-sitio para volumen por hectárea.



Cuadro 3. Nivel de significación de la interacción origen-sitio dentro de cada especie.

Especie	Sobrevivencia	Volumen/árbol	Volumen/hectárea
<i>E. grandis</i>	1 %	ns	ns
<i>E. maidenii</i>	1 %	1 %	1 %
<i>E. globulus</i>	5 %	10 %	ns
<i>E. bicostata</i>	1 %	ns	10 %

Nota: ns = interacción no significativa al 10 %.

En *E. maidenii* se detectó una interacción altamente significativa (1%) para las tres características evaluadas. Los orígenes dentro de las otras tres especies en algunos casos presentaron diferentes niveles de interacción y en otros la misma no fue detectada.

En otras palabras, *E. maidenii* es la especie cuyos orígenes muestran mayor cambio de comportamiento al pasar de un sitio a otro y es por lo tanto la especie en que se hace mayor la necesidad de evaluar orígenes en las diferentes zonas forestales.

Por otra parte, la sobrevivencia fue la única característica en la que las cuatro especies presentaron un nivel de interacción significativo entre los orígenes y los sitios. En otras palabras, el efecto del sitio afectó más el ranking de los diferentes orígenes para la sobrevivencia que el ranking para la velocidad de crecimiento.

IV. 2. Análisis de cada sitio

Ensayo en Tacuarembó

a. Comportamiento de las diferentes especies

El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre especies para sobrevivencia, proporción de corteza, forma, desrame y penetración del Pilodyn, pero no para volumen/árbol ni para volumen/hectárea (cuadro 4 y figuras 7, 8, 9 y 10).

De los resultados se observa que, aunque con valores aceptables, *E. globulus* es la especie con menor sobrevivencia.

En cuanto al crecimiento, tanto *E. grandis* como *E. maidenii* presentan valores muy similares y algo superiores a *E. globulus* y a *E. bicostata* (figura 7). Las dos primeras especies alcanzan, en promedio, incrementos medios anuales (IMA) al quinto año de 27 m³/ha/año, mientras que las segundas llegan a 23 m³/ha/año.

Cuadro 4. Diferencias entre especies para varias características en el ensayo de Tacuarembó.

Especie	Sobreviven. %	Vollárbol (m ³)	Vol/ha con corteza (m ³)	Proporción corteza (%)	Vol/ha sin corteza (m ³)
<i>E. grandis</i>	92 b	0.101 a	138 a	14.1 b	119
<i>E. maidenii</i>	95 ab	0.110 a	138 a	18.2 a	113
<i>E. globulus</i>	80 c	0.099 a	113 a	9.9 c	102
<i>E. bicostata</i>	97 a	0.077 a	113 a	15.2 b	96

Estos valores no son muy diferentes a los registrados por Sorrentino (1992 y 1998) en plantaciones comerciales de la misma edad sobre Zona 7 (33 a 26 m³/ha/año para *E. grandis*, 28 m³/ha/año para *E. maidenii* y 20 m³/ha/año para *E. globulus*). Para *E. bicostata* no se cuenta con registros de mediciones a nivel comercial.

Si observamos el porcentaje de corteza (cuadro 4) vemos que *E. maidenii* es la especie que presenta el mayor valor seguido de *E. grandis* y *E. bicostata*, presentando *E. globulus* la menor proporción de corteza. Esta característica afecta tanto el rendimiento de madera como, junto con la presencia de ramas, el

grado de dificultad de los trabajos de cosecha y descortezado de los árboles.

En las figuras 8 y 9 puede observarse que la forma y el desrame siguen una tendencia similar a la observada para el crecimiento, presentando *E. grandis* y *E. maidenii* mayor rectitud del fuste (forma) y mejor desrame natural que *E. globulus* y *E. bicostata*. Para *E. grandis*, en el que el aserrado es uno de los principales usos, la rectitud del fuste y la presencia de pocas ramas son características deseables. Para las otras tres especies la forma de los árboles cobra importancia a la hora del acopio y transporte de la madera.

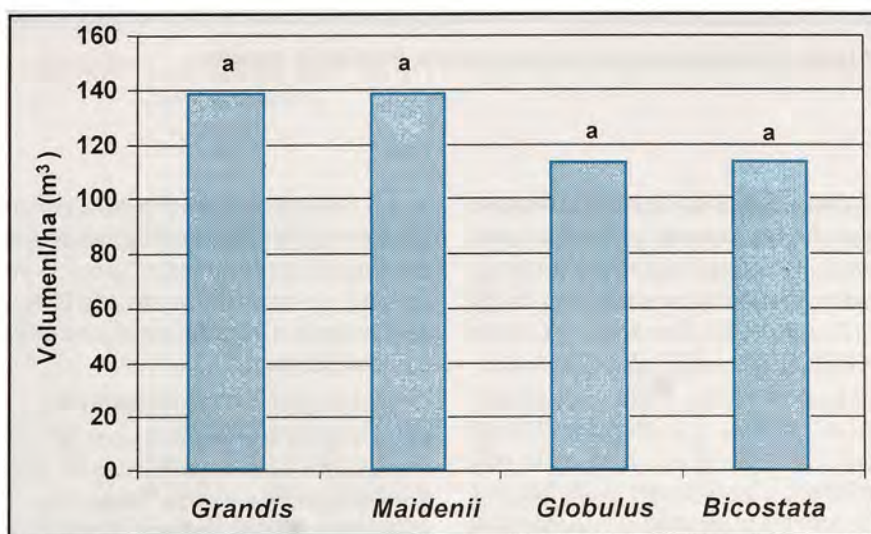


Figura 7. Volumen por hectárea para cada especie en Tacuarembó.

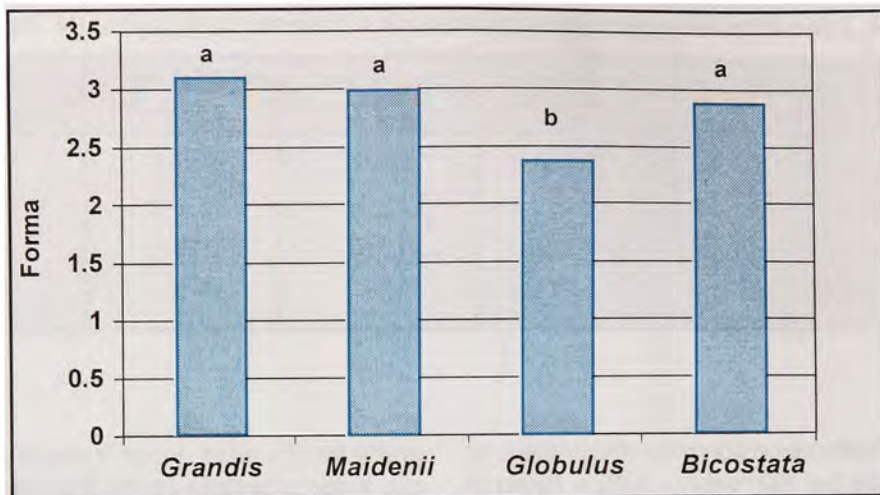


Figura 8. Evaluación de forma para cada especie.

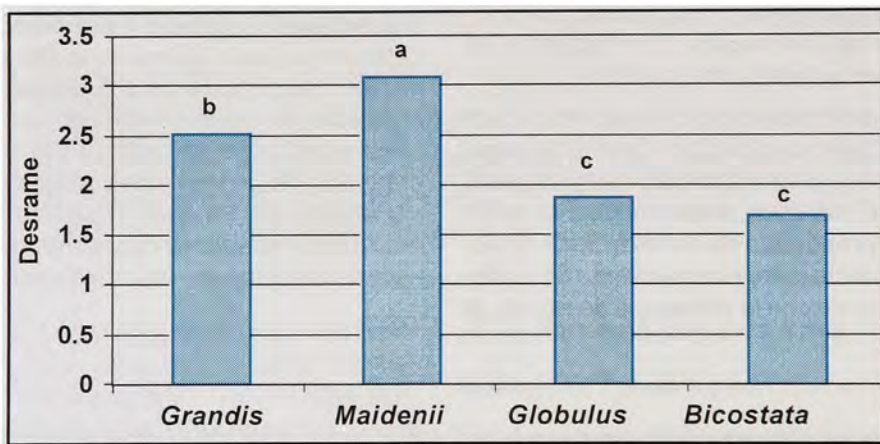


Figura 9. Evaluación de desrame natural para cada especie.

De los valores de penetración del Pilodyn (figura 10) se observa que éstos muestran la misma tendencia que la reportada en la bibliografía en cuanto a la densidad básica de la madera (Ziliani, 1998; Backman y García de León, 1998; IICA, 1985, Borralho *et al.*, 1992 y Rockwood *et al.*, 1995 citados por Downes, *et al.* 1997). En este sentido se observa que *E.maidenii* es la especie con mayor densidad, seguida por *E.globulus* y *E.bicostata*, siendo *E.grandis* la especie que presenta el valor mas bajo para esta característica.

La densidad de la madera es una de las características más importantes desde el punto de vista de la producción de pulpa ya que por un lado incide en los costos de flete y por otro afecta tanto el rendimiento de pulpa como la calidad del papel.

En la figura 11 se presentan los valores de peso específico (medido con el método del máximo tenor de humedad) y de penetración del Pilodyn. Se puede observar una clara relación entre los valores obtenidos por ambos métodos (cuanto mayor penetración del Pilodyn, menor peso específico o sea menor densidad de madera).

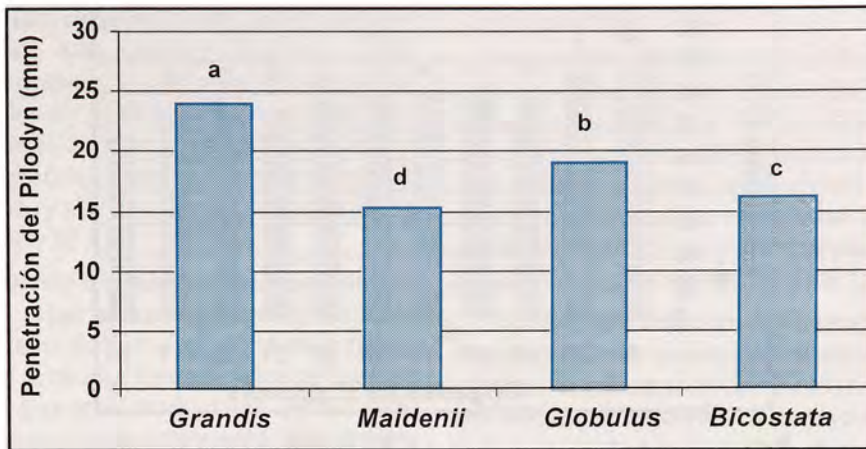


Figura 10. Penetración del Pilodyn para cada especie.

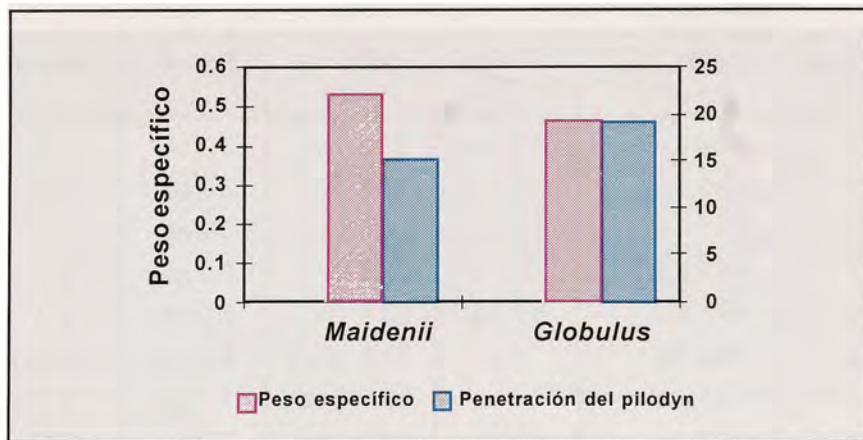


Figura 11. Comparación del Pilodyn y el método MTH en la determinación de peso específico.

b. Comportamiento de los diferentes orígenes dentro de cada especie

E. grandis

No se detectaron diferencias significativas entre orígenes para la variable volumen/hectárea (figura 12). No obstante el N° 22 "30 k SW Cairns" alcanza valores de IMA al quinto año de 32 m³/ha/año, superando en aproximadamente 45% al origen de menor crecimiento (N° 20 "Windsor Tableland").

La zona de Queensland presenta los orígenes de mejor y peor comportamiento, ocupando los materiales de la zona de New South Wales un lugar intermedio en el ranking.

Por otro lado, del análisis de varianza se observan diferencias significativas entre orígenes para penetración del Pilodyn, forma del tronco y desrame natural. No se detectaron diferencias significativas para proporción de corteza (cuadro 5).

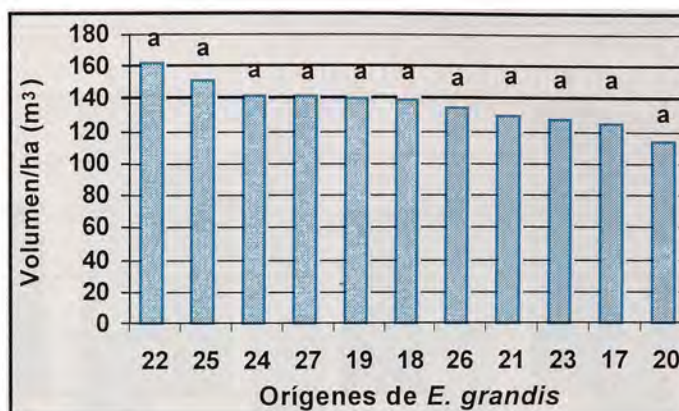


Figura 12. Volumen por hectárea de diferentes orígenes de *E. grandis* en Tacuarembó.

Cuadro 5. Diferencias entre orígenes de *E. grandis* para varias características en el ensayo de Tacuarembó.

Origen	Vol/ha (c/c) (m³)	Corteza (%)	Pilodyn (mm)	Forma	Desrame
22	164.0 a	15.0 a	23.2 cde	3.3 ab	2.6 b
25	153.3 a	14.1 a	24.8 ab	3.1 abc	2.6 b
24	143.6 a	13.4 a	24.6 abc	3.2 ab	2.6 b
27	143.2 a	12.7 a	25.5 a	3.2 abc	2.4 b
19	141.7 a	15.7 a	23.1 de	3.0 bc	2.4 b
18	140.7 a	13.9 a	23.9 bcde	3.2 abc	2.6 b
26	135.4 a	14.5 a	23.7 bcde	3.1 abc	2.5 b
21	130.4 a	13.5 a	24.7 abc	3.3 a	2.5 b
23	128.7 a	13.7 a	24.3 abcd	3.0 bc	2.9 a
17	126.1 a	14.8 a	23.4 bcde	2.9 c	2.3 b
20	114.6 a	14.1 a	22.5 e	3.0 bc	2.4 b

Los orígenes N° 22 "30 k SW Cairns"; N° 25 "Baroon Pocket Maleny" y N° 24 "W of Beelwah", además de alcanzar los mayores crecimientos presentan buenos valores de forma y desrame. Esto los hace atractivos desde el punto de vista de la producción de madera para aserrado. No obstante, los dos últimos tienen altos valores de penetración del Pilodyn indicando una relativa baja densidad.

El N° 20 "Windsor Tableland" es el que presenta mayor densidad de madera. Sin embargo, este origen no es recomendable por presentar un muy pobre comportamiento desde el punto de vista del crecimiento, de la forma del tronco y del desrame natural.

Siendo la velocidad de crecimiento y la densidad de la madera dos características de gran importancia económica surge clara la necesidad de determinar la posible relación

entre ambas. Correlaciones genéticas estimadas para esta especie (Balmelli, 1999) muestran que la relación existente entre estas características es prácticamente nula ($r_G = 0.07$) y que por lo tanto es posible seleccionar árboles que combinen buena velocidad de crecimiento y alta densidad, como por ejemplo el origen N° 22.

De acuerdo a la evaluación de la tolerancia al frío, reportada por Balmelli (1993), no se observa un patrón claro entre esta característica y la productividad de los diferentes orígenes. Los más productivos (N° 22 y 25) presentaron un comportamiento relativamente pobre frente al frío así como los más tolerantes (N° 19 y 27) no se destacaron por su productividad.

E. maidenii

Del análisis de varianza de volumen/hectárea se observan diferencias significativas entre orígenes (figura 13). En este caso se destaca claramente el N° 3 "Bolaro Mountain", alcanzando un IMA al quinto año de 36 m³/há/año. Entre los demás materiales no se encontraron diferencias significativas, presentando valores de IMA de 25 a 29 m³/há/año.

También se detectaron diferencias significativas entre orígenes para el porcentaje de corteza, la penetración del Pilodyn, la forma del tronco y el desrame natural (cuadro 6).

Como puede observarse, el N° 3 "Bolaro Mountain", no sólo es el de mayor crecimiento sino que además presenta una alta densi-

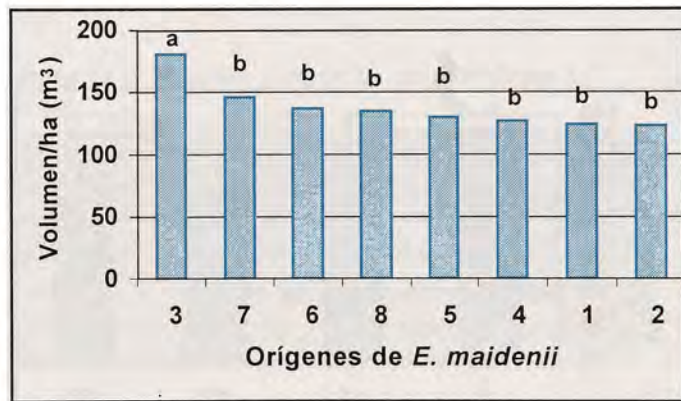


Figura 13. Volumen por hectárea de diferentes orígenes de *E. maidenii* en Tacuarembó.

Cuadro 6. Diferencias entre orígenes de *E. maidenii* para varias características en el ensayo de Tacuarembó.

Origen	Vol/ha (c/c) (m³)	Corteza (%)	Pilodyn (mm)	Forma	Desrame
3	181.6 a	16.2 de	14.9 b	3.3 a	3.4 a
7	146.8 b	19.6 ab	15.6 ab	3.0 ab	2.9 bc
6	138.0 b	18.1 bc	16.0 a	2.8 b	3.3 ab
8	134.4 b	18.8 abc	15.2 ab	3.0 ab	3.1 abc
5	129.1 b	20.2 a	14.8 b	2.9 ab	3.1 abc
4	126.8 b	19.8 a	15.4 ab	3.0 ab	3.0 bc
1	124.1 b	17.4 cd	15.2 ab	2.8 b	2.8 c
2	124.0 b	15.5 e	15.9 ab	3.1 ab	3.1 abc

dad y baja proporción de corteza y es también el de mejor forma y mayor desrame.

En este caso tampoco se observa una relación clara entre la tolerancia al frío y la productividad de los diferentes orígenes. Los de mayor tolerancia (N° 5 y 4), no se destacan por su productividad, así como el N° 3 tampoco se destacó por su tolerancia al frío (Balmelli, 1993).

E. globulus

Para esta especie no se encontraron diferencias significativas entre orígenes para volumen/hectárea, desrame y penetración del Pilodyn, detectándose en cambio diferencias significativas para las variables forma y porcentaje de corteza (figura 14 y cuadro 7).

Los orígenes que alcanzan mayores niveles de producción son los N° 9 y 11, ambos de la zona "Otway State Forest", con valores de IMA al quinto año de 26 m³/ha/año. Estos a su vez son los que tienen mejor forma y menor proporción de corteza.

El único origen que no proviene del estado de Victoria (N° 10 "King Island"), presenta un crecimiento bastante pobre y relativamente bajos valores en las demás características evaluadas.

E. bicostata

Para esta especie tampoco se encontraron diferencias significativas entre orígenes para volumen/hectárea, penetración del Pilodyn y porcentaje de corteza, pero sí para

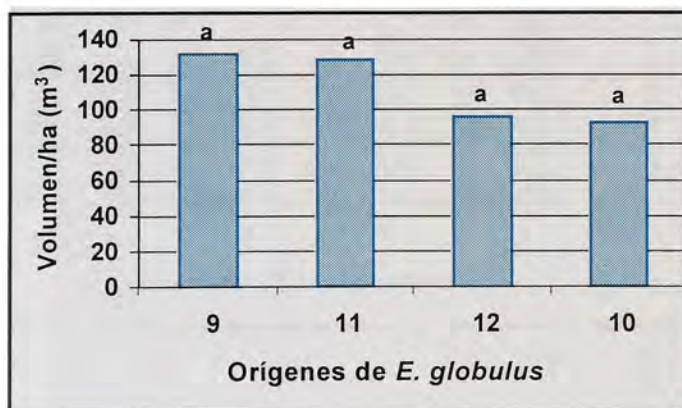


Figura 14. Volumen por hectárea de diferentes orígenes de *E. globulus* en Tacuarembó.

Cuadro 7. Diferencias entre orígenes de *E. globulus* para varias características en el ensayo de Tacuarembó.

Origen	Vol/ha (c/c) (m ³)	Corteza (%)	Pilodyn (mm)	Forma	Desrame
9	132.1 a	9.3 b	19.1 a	2.9 a	2.0 a
11	128.5 a	8.9 b	19.4 a	2.5 ab	1.9 a
12	97.0 a	12.2 a	18.5 a	1.9 c	2.0 a
10	93.8 a	9.1 b	19.6 a	2.2 bc	1.7 a

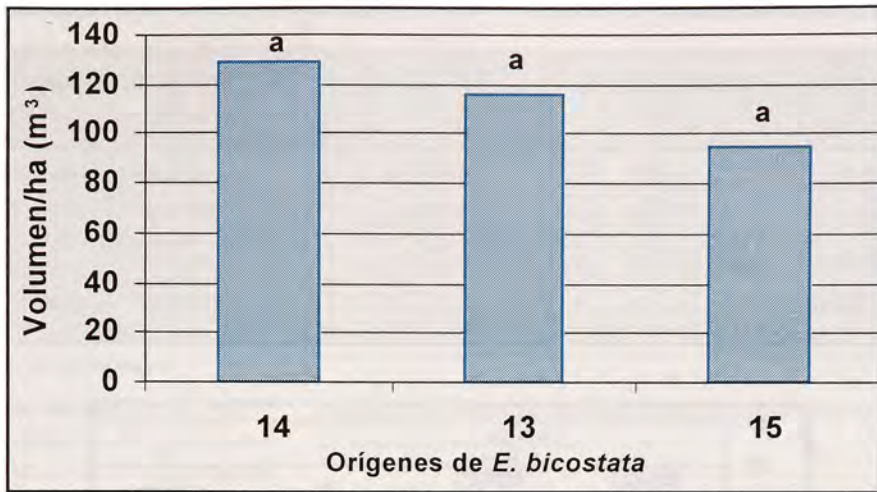


Figura 15. Volumen por hectárea de diferentes orígenes de *E. bicostata* en Tacuarembó.

Cuadro 8. Diferencias entre orígenes de *E. bicostata* para varias características en el ensayo de Tacuarembó.

Origen	Vol/ha (c/c) (m³)	Corteza (%)	Pilodyn (mm)	Forma	Desrame
14	128.9 a	15.4 a	16.2 a	3.0 a	1.4 b
13	115.8 a	14.2 a	16.3 a	3.2 a	1.9 a
15	94.2 a	16.2 a	16.3 a	2.5 b	1.9 a

las características forma y desrame (figura 15 y cuadro 8).

El N° 14 "Mt. Strathbogie", si bien es el que presenta mayor crecimiento con un valor de IMA al quinto año de 26 m³/ha/año, no se destaca en las demás características evaluadas.

Ensayo en Guichón

a. Comportamiento de las diferentes especies

Los resultados del análisis no permitieron detectar diferencias significativas entre especies para las variables sobrevivencia, vo-

lumen/árbol y volumen/hectárea (cuadro 9 y figura 16). Si bien en este caso los problemas de implantación a que se hizo referencia anteriormente en general no afectaron la sobrevivencia, sí incidieron en los valores de crecimiento, ya que los mismos no son representativos de los registros de esa zona. De todas maneras se observa que se mantiene la misma posición relativa en el ranking de especies que en el ensayo de Tacuarembó.

Cuadro 9. Diferencias entre especies para varias características en el ensayo de Guichón.

Especie	Sobreviven. (%)	Voll/árbol (m ³)	Vol/ha con corteza (m ³)
<i>E. grandis</i>	74.4 a	0.032 a	30.1 a
<i>E. maidenii</i>	70.8 a	0.033 a	30.8 a
<i>E. globulus</i>	63.2 a	0.028 a	24.2 a
<i>E. bicostata</i>	74.7 a	0.027 a	27.5 a

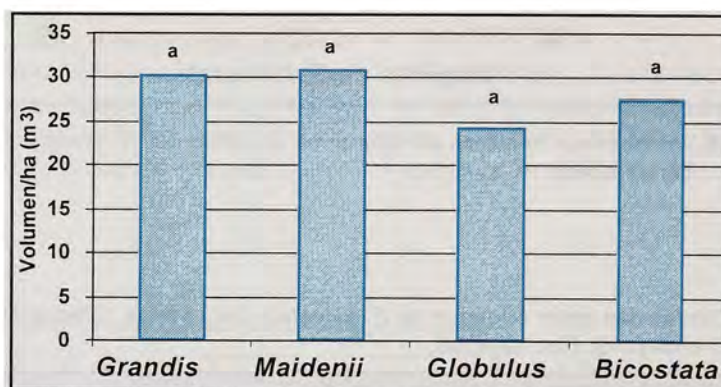


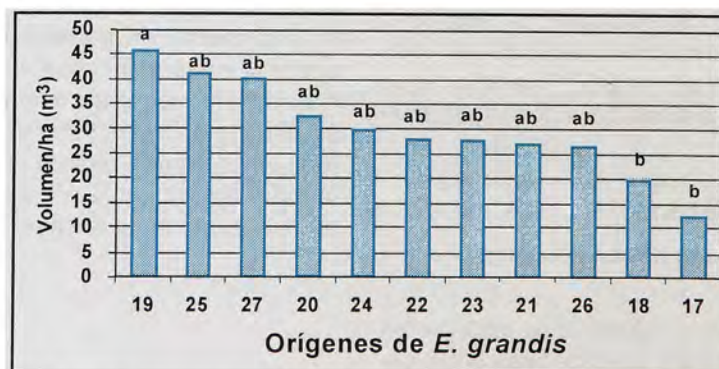
Figura 16. Volumen por hectárea para cada especie en Guichón.

b. Comportamiento de los diferentes orígenes dentro de cada especie

E. grandis

Del análisis de varianza se observan diferencias significativas entre orígenes para la variable volumen/hectárea (figura 17). Los úni-

cos que mantienen su posición en el ranking con respecto al ensayo en Tacuarembó son los N° 25 "Baroon Pocket Maleny" y N° 17 "WNW Cardwell", en los primeros y últimos lugares respectivamente. El resto de los orígenes se comportan en forma diferente en relación al mencionado ensayo.

Figura 17. Volumen por hectárea de diferentes orígenes de *E. grandis* en Guichón.

E. maidenii

Para esta especie también se encontraron diferencias entre orígenes para el volumen/hectárea (figura 18). Nuevamente se destaca el N° 3 "Bolaro Mountain", al igual que en el ensayo de Tacuarembó. El otro origen que mantiene la tendencia de bajo crecimiento es el N° 2 "Mt. Dromedary".

Los restantes tienen un cambio relativo de las posiciones en el ranking general con respecto al ensayo de Tacuarembó.

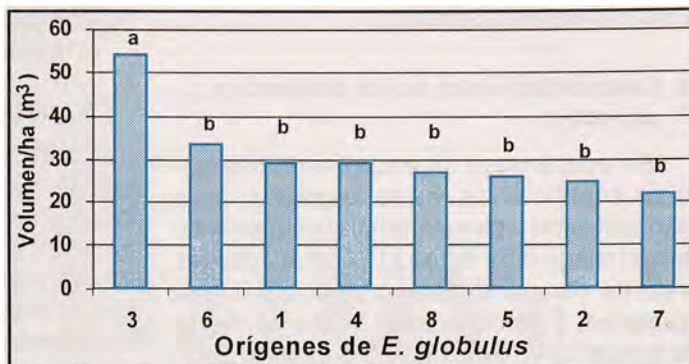


Figura 18. Volumen por hectárea de diferentes orígenes de *E. maidenii* en Guichón.

E. globulus

Para esta especie si bien no se encontraron diferencias significativas entre orígenes para el volumen/hectárea se observa la misma tendencia que en el ensayo anterior. En este sentido vemos que en ambos sitios los que mejor se comportan son los N° 9 y 11, ambos de "Otway State Forest" (figura 19).

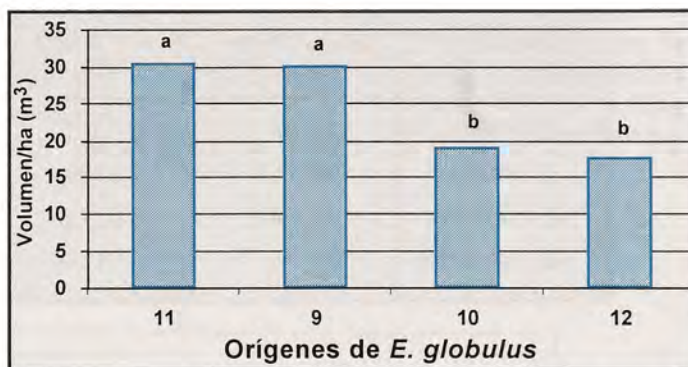


Figura 19. Volumen por hectárea de diferentes orígenes de *E. globulus* en Guichón.

E. bicostata

En esta especie, a través del análisis de varianza, se observa que existen diferencias significativas entre orígenes para volumen/hectárea (figura 20). Los tres materiales evaluados presentan la misma tendencia relativa que en la zona de Tacuarembó en donde el N° 14 "Mt., Strathbogie" es el que tiene mejor crecimiento.

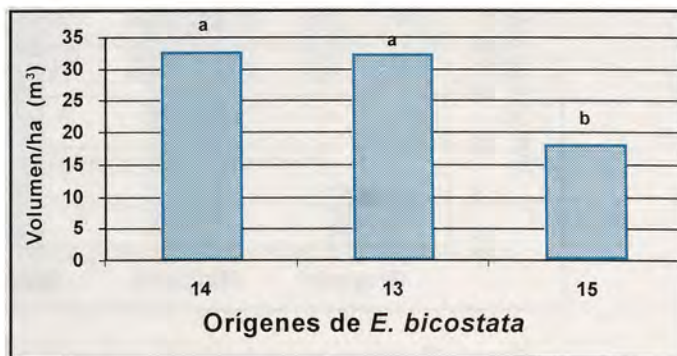


Figura 20. Volumen por hectárea de diferentes orígenes de *E. bicostata* en Guichón.

Ensayo en Villa Serrana**a. Comportamiento de las diferentes especies**

En este ensayo se encontraron diferencias significativas entre especies para sobrevivencia, volumen/árbol y volumen/hectárea (cuadro 10 y figura 21). Con aceptables valores de sobrevivencia para las cuatro especies, *E. globulus* pasa a tener el mayor crecimiento en este sitio y *E. grandis* el peor. *E. maidenii* sigue manteniendo buenos crecimientos en comparación con las otras especies.

b. Comportamiento de los diferentes orígenes dentro de cada especie***E. grandis***

Los resultados muestran diferencias significativas entre orígenes para la variable volumen/hectárea (figura 22). Nuevamente los N° 25 "Baroon Pocket Maleny" y N° 22 "30 k SW Cairns" son los que tienen mejor crecimiento, al igual que en Tacuarembó y Guichón. Del mismo modo el N° 17 "WNW Cardwell" es el de peor performance. El resto se comporta en forma un tanto diferente en relación a los otros sitios.

Cuadro 10. Diferencias entre especies para varias características en el ensayo de Villa Serrana.

Especie	Sobreviven. (%)	Vol/árbol (m ³)	Vol/ha con corteza (m ³)
<i>E. grandis</i>	80.2 b	0.005 b	6.1 b
<i>E. maidenii</i>	89.4 ab	0.019 a	23.2 a
<i>E. globulus</i>	88.4 ab	0.027 a	32.9 a
<i>E. bicostata</i>	92.8 a	0.018 a	21.8 a

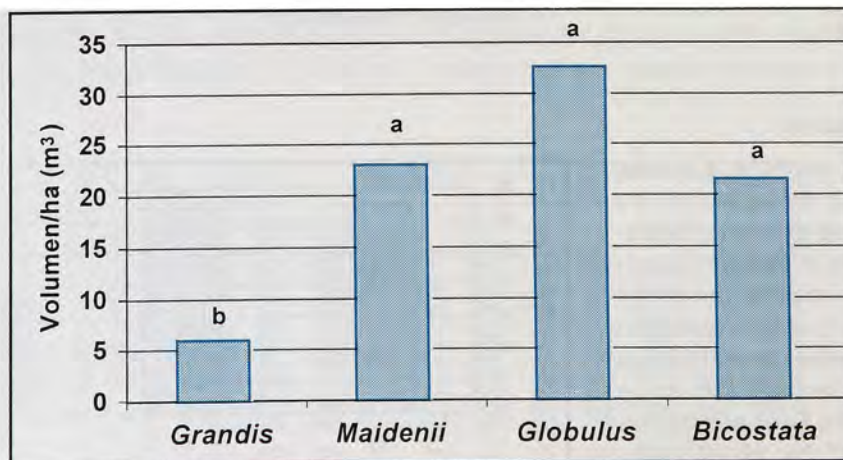


Figura 21. Volumen por hectárea para cada especie en Villa Serrana.

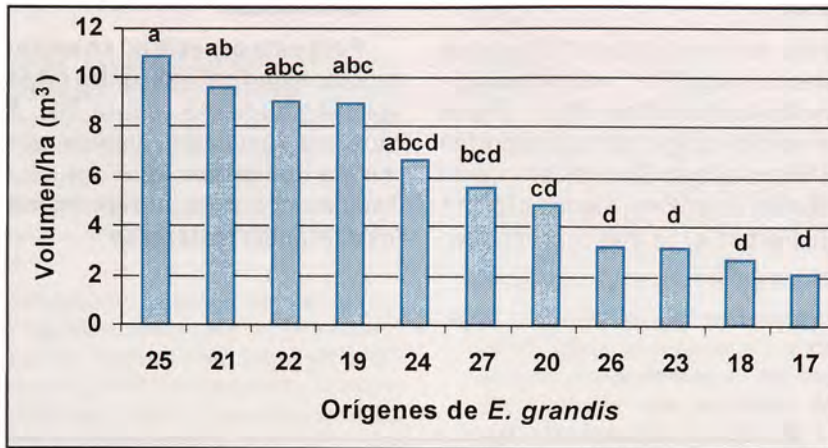


Figura 22. Volumen por hectárea de diferentes orígenes de *E. grandis* en Villa Serrana.

E. maidenii

También en esta especie se encontraron diferencias significativas entre orígenes para volumen/hectárea (figura 23). El mejor origen en este sitio es el N° 6 "Pool Road Via Eden".

Nuevamente el N° 2 "Mt. Dromedary" es de los de más bajo crecimiento. Los restantes cambian su posición relativa en el ranking con respecto al ensayo en Tacuarembó y Guichón.

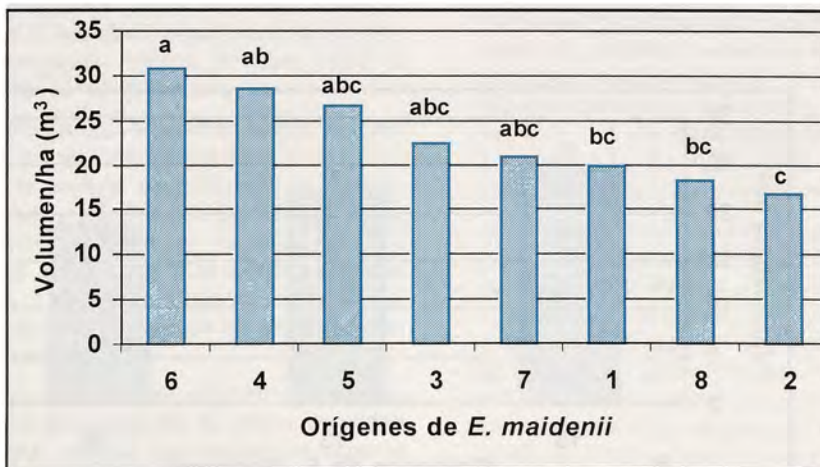


Figura 23. Volumen por hectárea de diferentes orígenes de *E. maidenii* en Villa Serrana.

E. globulus

Del análisis de varianza se observa que existen diferencias significativas entre orígenes para la variable volumen/hectárea (figura 24). En este sitio los orígenes se comportan de la misma forma que en Guichón en cuanto a su ubicación en el ranking, siendo el N° 11 "Otway State Forest" el de mayor productividad.

E. bicostata

Para esta especie no se encontraron diferencias significativas entre orígenes para el volumen/hectárea (figura 25). Si observamos los resultados vemos que existe la misma tendencia que en el ensayo de Tacuarembó en cuanto al comportamiento de los diferentes materiales.

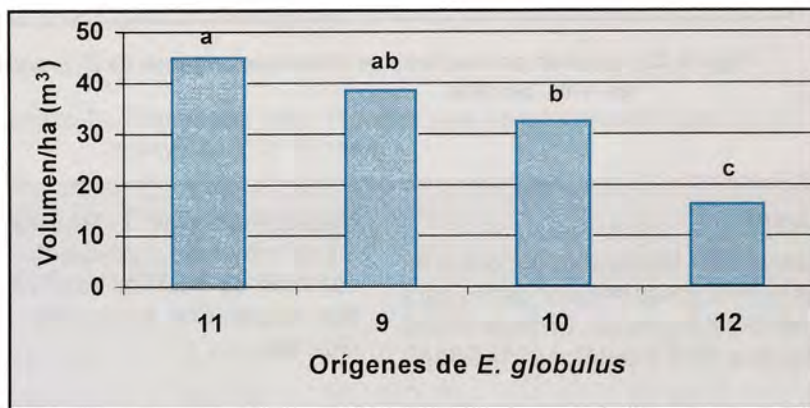


Figura 24. Volumen por hectárea de diferentes orígenes de *E. globulus* en Villa Serrana.

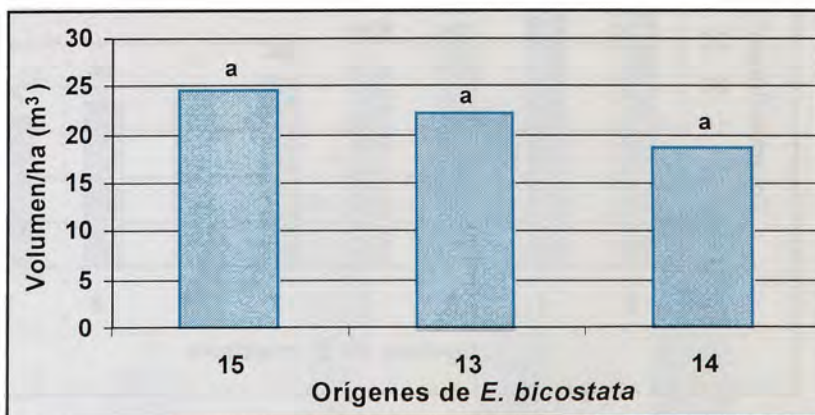


Figura 25. Volumen por hectárea de diferentes orígenes de *E. bicostata* en Villa Serrana.

IV. CONCLUSIONES

1. El ensayo en Tacuarembó alcanzó niveles de productividad mucho mayores que los ensayos en Guichón y Villa Serrana. Si bien la Zona 7 es la más productiva, gran parte de estas diferencias se explican por un manejo inicial bastante intenso para el primero de los ensayos y prácticamente nulo para los otros dos.
2. El comportamiento relativo de las cuatro especies fue diferente en los distintos sitios (la interacción especie-sitio fue significativa). En los ensayos de Tacuarembó y Guichón las especies con mayor productividad hasta el momento son *E. grandis* y *E. maidenii*. En cambio, en el ensayo de Villa Serrana *E. grandis* es la especie de peor comportamiento y *E. globulus* pasa a ser la especie más productiva, principalmente por un mayor crecimiento individual de los árboles ya que la sobrevivencia fue buena para las cuatro especies. La superioridad de esta especie en las serranías del Sur-Este es una clara demostración de su mayor adaptación a climas con influencia marítima (FAO, 1981; Cozzo, 1976). *E. bicostata* si bien en ningún caso se destacó por su productividad, fue la especie con mayor sobrevivencia en los tres sitios lo que sugiere una mayor rusticidad.
3. Como se mencionó anteriormente, las especies más productivas en Zona 7 son *E. grandis* y *E. maidenii*, alcanzando en promedio incrementos medios anuales (IMA) al quinto año de 27 m³/ha/año.

E. grandis presenta además buena rectitud de fuste y aceptable desrame natural y proporción de corteza, sin embargo, es la especie con mayor penetración del Pilodyn, o sea con menor densidad de madera. Por otra parte, es la especie más sensible al frío (Balmelli, 1993), lo que puede determinar el fracaso de una plantación en años con heladas severas.

E. maidenii además de alcanzar buena productividad es la especie de mayor densidad de madera, aunque fue también la especie con mayor proporción de corteza. Por otra parte, esta especie presentó muy buena forma y tuvo el mejor desrame natural. En la evaluación de tolerancia al frío presentó un comportamiento bastante variable, con algunos orígenes bastante susceptibles y otros muy tolerantes (Balmelli, 1993).

E. globulus tiene hasta el momento en Zona 7 una productividad promedio algo menor al de las otras especies (IMA al quinto año de 23 m³/ha/año). A pesar de que es la especie con menor proporción de corteza, el volumen de madera sin corteza no llega a igualar a *E. grandis* o *E. maidenii*. Además presentó una densidad relativamente baja y fue la especie de peor forma y menor desrame natural. Su tolerancia al frío también fue relativamente baja (Balmelli, 1993).

E. bicostata alcanzó la misma productividad que *E. globulus* pero tiene una proporción de corteza bastante mayor. Sin embargo tiene relativamente alta densidad de madera y buena forma. Es también la especie más tolerante al frío (Balmelli, 1993) y como se vio, también la más "rústica", lo que sugiere una mejor aptitud para sitios que por diferentes motivos sean marginales para las especies más productivas.

4. La interacción origen-sitio dentro de *E. grandis* no fue significativa para el volumen por hectárea, esto significa que los cambios relativos en el comportamiento de los diferentes orígenes al pasar de un sitio a otro no son importantes. El origen N° 25 "Baroon Pocket Maleny" presentó muy buena productividad en los tres sitios o sea fue el origen más estable. Sin embargo, este origen presenta muy baja densidad y valores medios para forma, desrame y proporción de corteza. El origen N° 22 "30 k SW Cairns" fue el más productivo en Tacuarembó y presenta muy buenos valores de densidad, forma y desrame. El origen N° 19 "Atherton" fue el más productivo en Guichón, presentando también una alta densidad relativa, aunque presentó muy pobres valores para las demás características evaluadas.
5. *E. maidenii* fue la especie cuyos orígenes presentaron los mayores cambios relativos de comportamiento al pasar de un sitio al otro (mayor interacción origen-sitio). Sin embargo, el origen N° 3 "Bolaro Mountain" es el de mayor productividad en Tacuarembó y Guichón y tuvo aceptable productividad en Villa Serrana. Este origen a su vez tiene alta densidad y baja proporción de corteza y es el que presenta mayores valores de forma y de desrame natural. El origen N° 8, también de "Bolaro Mountain" y prácticamente con la misma ubicación geográfica, alcanza una productividad bastante menor en todos los sitios así como peores valores para las demás características evaluadas.

6. Para *E.globulus* hay una clara superioridad de los orígenes N° 9 y 11, ambos de la zona "Otway State Forest". Estos orígenes fueron los más productivos en los tres sitios y presentaron mejores características que los otros dos orígenes evaluados. Se observa en este caso una cierta similitud entre el comportamiento de dos orígenes de la misma localidad.
7. Finalmente, dentro del *E.bicostata* el origen N° 13 "Beechworth-Stanley" es el que reúne buena productividad en todos los sitios y buenos valores para las demás características.

V. CONSIDERACIONES FINALES

Si bien estos ensayos seguirán evaluándose hasta que se efectúe la cosecha y se mida tanto la cantidad como la calidad de la madera comercial producida, la evaluación al quinto año (aproximadamente la mitad de la rotación) permite tener una idea bastante clara sobre la adaptación y productividad de estas especies y orígenes en las diferentes zonas forestales.

Los resultados aquí presentados permiten cuantificar la diferencia de productividad existente entre especies y/o fuentes de semilla y confirman que para determinado sitio la adecuada elección de una fuente de semilla puede ser tan importante como la elección de la especie a plantar.

VI. AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Diano y a la Escuela Agraria de Guichón dependiente de la Universidad del Trabajo del Uruguay (UTU) por la colaboración en la instalación y seguimiento de los ensayos.

A los Ingenieros Agrónomos Takamichi Shiozuru, Yozo Hazegawa, Patricia Acosta, y a los Sres. Ramon García, Rosebel Silva, Jorge Lemos, Walter Rodríguez, Omar Ferrón y Federico Rodríguez que participaron en la toma y procesamiento de datos.

Al Ingeniero Agrónomo Ricardo Methol por las valiosas sugerencias realizadas en la presentación de este trabajo.

A la Ing. Agr. Zohra Bennadji, Jefe de Programa y coordinadora del Proyecto Mejoramiento Genético de Especies de *Eucalyptus* por la revisión de este texto.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Balmelli, G.D. 1993. Daño de heladas en *Eucalyptus*. Serie técnica 40. INIA. Montevideo. Uruguay. 32p.
- Balmelli, G.D. 1999. Plan de Mejoramiento Genético para *Eucalyptus grandis* del Programa Nacional Forestal. En: Avances en Mejoramiento Genético y Manejo de especies de *Eucalyptus*. Serie Actividades de Difusión N° 189. INIA. p. 31-45.
- Backman, M., García de León, J. 1998. Pulp and paper properties of four-year old eucalyptus trees for early species selection. Appita, 52nd Appita. Annual General Conference. Proceedings Volume 1.
- Cozzo, D. 1976. Tecnología de la reforestación en Argentina y América Latina. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 610p.
- Downes, G.M., Hudson, I.L., Raymond, C.A., Dean, G.H., Michell, A.J., Schimleck, L.R., Evans, R. y Muneri, A. 1997. Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties. CSIRO Australia, 132p.
- FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Roma, FAO. (Colección FAO. Montes N° 11). 723p.
- Gentilli, J. 1961. The resistance of *Eucalyptus* to low temperatures in the growing season. En: World Eucalyptus Conference (2°, 1961, Sao Paulo). S.n.t. 6p.
- Golfari, L. et al. 1978. Zoneamento ecológico esquemático para reforestación no Brasil, 2da aproximación. Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado (Br.) Bello Horizonte, PRODEPEF. (Serie Técnica N° 11.). 66p.
- IICA - 1985. The feasibility, study report on the establishment of a pulp plant. Estudios tecnológicos de las principales especies de reforestación del Uruguay. Ministerio de RREE - República Francesa - 1968
- Smith, D.M. 1954. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples. Madison, USDA, 8p.
- Sorrentino, A. 1992. Proyecto: Indices de Sitio, Volumetría y Crecimiento de Pinos y *Eucalyptus* en el Uruguay. Informe Final. Consultoría realizada para la Dirección Forestal, MGAP Montevideo. 228p.
- Sorrentino, A. 1998. Estudio de las plantaciones de *Eucalyptus* instalados por la empresa Paso Alto, Análisis de crecimiento y proyecciones preliminares de rendimiento a turno final; Segunda Evaluación.
- Ziliani, G. 1998. La tecnología de la madera como materia prima sustentable. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Unidad de Educación Permanente y Posgrados.