



# MEJORAMIENTO GENETICO, SILVICULTURA Y SANIDAD de *Eucalyptus globulus* en la región Sureste

Con el aporte de:



Grupo Forestal



Forestal Solís

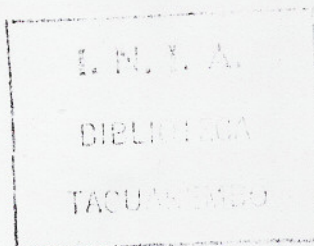
JUNIO 2002

SERIE DE  
ACTIVIDADES  
DE DIFUSION

289

INIA TACUAREMBO





**SEMINARIO FORESTAL**  
**"MEJORAMIENTO GENETICO, SILVICULTURA**  
**Y SANIDAD DE Eucalyptus globulus**  
**EN LA REGION SURESTE"**

**PROGRAMA NACIONAL FORESTAL**

**27 de Junio de 2002**  
**INIA Las Brujas**

## PROLOGO

La generación de tecnologías que contribuyan a un desarrollo sostenible del sector forestal en el Uruguay, ya sea desde el punto de vista socioeconómico y ambiental, es uno de los principales objetivos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).

Desde la promulgación de la Ley Forestal 15.939 en el año 1987, la agroindustria forestal ha experimentado un rápido crecimiento y, a corto plazo se constituirá en uno de los principales rubros de la actividad agropecuaria del país.

Dentro de este marco, el cultivo del *Eucalyptus globulus*, con más de 177 mil hectáreas, es la especie que ocupa mayor superficie forestada del país. Por su aptitud agroecológica y por la cercanía al puerto de Montevideo, la región Centro - Sur, representa más de la mitad del área total forestada con esta especie.

Considerando la importancia de los sitios forestales de la región Sureste del país –que han sido priorizados en el marco de la Ley Forestal - es que el INIA ha entendido oportuno organizar el presente Seminario, que pone particular énfasis en tres aspectos claves, tales como: (a) el Mejoramiento Genético; (b) el manejo silvicultural; y (c) la protección sanitaria del *Eucalyptus globulus*.

El Seminario es fruto del esfuerzo del Programa Nacional Forestal del INIA junto con la participación de otras Instituciones, entre ellas, el *MGAP* (Dirección General Forestal y Dirección General de Servicios Agrícolas), la *Universidad de la República* (Facultad de Agronomía y Facultad de Ciencias), la *Sociedad de Productores Forestales del Uruguay* y, particularmente, distintas empresas forestales que han apoyado y alentado esta iniciativa tales como *Foresur*, *Eufores* y *Mundial Forestación*.

En forma muy especial, el INIA desea destacar y agradecer el apoyo y las sugerencias recibidas de los productores que integran el Grupo de Trabajo Forestal del CAR INIA Tacuarembó, que asesora y apoya - en forma permanente - las actividades de nuestro programa nacional de investigación.

Esperamos que este nuevo Seminario Forestal del INIA, constituya una excelente oportunidad de intercambio de experiencias tecnológicas entre investigadores, docentes, técnicos y productores forestales y que los trabajos reunidos en esta publicación sean una referencia y un real aporte al conocimiento científico del sector forestal de nuestro país.

Ing. Agr. Pedro Bonino Garmendia  
Presidente  
INIA

# **TABLA DE CONTENIDO**

## **Página**

INTRODUCCION .....	1
--------------------	---

### **MODULO 1. MEJORAMIENTO GENETICO**

I. AVANCES EN MEJORAMIENTO GENETICO DE <i>Eucalyptus globulus</i> EN EL EL PROGRAMA NACIONAL FORESTAL DE INIA.	
1. Comportamiento relativo de <i>Eucalyptus globulus</i> en Zona 2 .....	3
Gustavo Balmelli	
2. Estrategia de mejoramiento genético en <i>Eucalyptus globulus</i> . .....	8
Gustavo Balmelli	
3. Evaluación de fuentes de semilla de <i>E. globulus</i> en Zona 2. ....	15
Gustavo Balmelli	
4. Evaluación de varios orígenes <i>E. globulus</i> para la producción de celulosa .....	25
Fernando Resquin	
II. LA ESTRATEGIA DE MEJORA EN <i>Eucalyptus globulus</i> DE EUFORES.....	35
Gabriel Algorta	
III. NUEVAS TECNOLOGIAS PARA LA PRODUCCION FORESTAL.....	44
Gerardo Cardozo y Javier Burgueño	

### **MODULO 2. FACTORES AMBIENTALES Y SILVICULTURA**

IV. ANALISIS DE LOS EFECTOS DE ALGUNOS FACTORES AMBIENTALES SOBRE PRODUCTIVIDAD DE <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> Labill .....	48
Rafael Escudero, Juan C. Sganga, Luis Sayagués Laso, Eteban Graf, Rodolfo Pedochi, Luis Petrini, Carolina Munka, Fernando Irisity, Guillermo Morás	
V. SILVICULTURA DE PLANTACION DE <i>E. globulus</i> EN EL SUDESTE: DIFERENTES PAQUETES TECNOLOGICOS Y RESULTADOS ESPERABLES . ....	55
Pablo Reali	

### **MODULO 3. SANIDAD Y PROTECCION FORESTAL**

VI. ASPECTOS FITOSANITARIOS DE <i>E. globulus</i> EN EL SURESTE DEL PAIS.....	58
Nora Telechea	

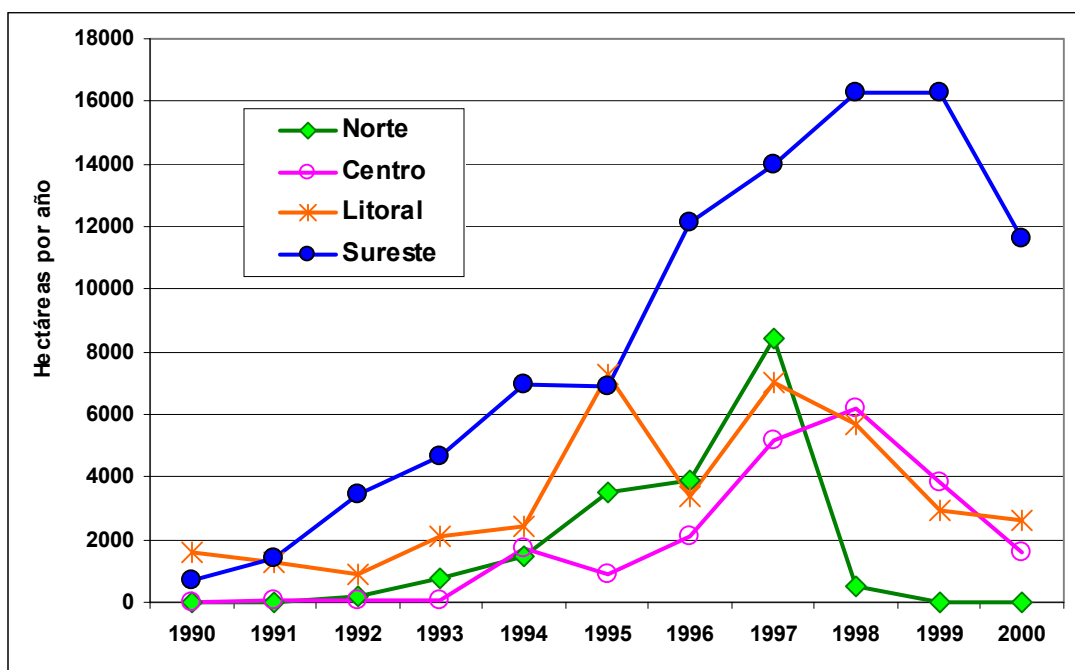
VII. PODREDUMBRE DE ARBOLES EN PIE EN PLANTACIONES DE <i>E. globulus</i> DE LA ZONA SUR DE URUGUAY - AVANCES EN LA INVESTIGACION Y VIAS DE BIOCONTROL.....	63
Lina Bettucci	
VIII. INSECTOS QUE VIVEN SOBRE <i>Eucalyptus spp.</i> : PRESENTE Y FUTURO .....	69
Carlos Morey	

## INTRODUCCION

El *Eucalyptus globulus* es actualmente la especie que ocupa mayor superficie en Uruguay, con aproximadamente 180.000 hectáreas plantadas, la mitad de las cuales se encuentra en los departamentos de la región Sureste (Florida, Lavalleja, Maldonado y Rocha). En estos cuatro departamentos, que constituyen buena parte de los suelos de Zona 2, el *E. globulus* representa el 80 % del área forestada (Dirección General Forestal, 2001).

Como puede observarse en la Figura 1, desde 1991 la región Sureste ha sido la más plantada con *E. globulus*, habiéndose registrado hasta 1998 un crecimiento prácticamente lineal en la tasa de plantación anual. En las otras tres regiones han existido importantes períodos de plantación, sin embargo desde 1997-1998 el área plantada anualmente ha descendido marcadamente. Este hecho se debe a la combinación de dos factores ocurridos en los últimos años: la disminución del precio internacional de la pulpa y los problemas sanitarios registrados, principalmente en las regiones Norte y Litoral.

Dentro de la región Sureste el departamento de Lavalleja es sin duda el de mayor importancia para *E. globulus* (existen 54.700 hectáreas que representan el 60 % del área plantada con esta especie en la región), lo que probablemente se explique por una combinación de ventajas relativas en relación a la aptitud para esta especie, la distancia a Montevideo y el costo de la tierra.



**Figura 1.** Evolución de la tasa de plantación anual con *E. globulus* en diferentes regiones.

En la mayor parte de las plantaciones realizadas con esta especie se ha utilizado semilla importada, principalmente de Chile (y en menor medida de España y Australia), en general sin mejoramiento o mejorada para condiciones diferentes a las nuestras o se ha utilizado semilla cosechada localmente, generalmente sin selección y muchas veces de origen desconocido. Lamentablemente, la elección de dichas fuentes de semilla no se basó en una adecuada evaluación local, por lo que se desconocía su capacidad de adaptarse a nuestras condiciones agroecológicas o de tolerar las principales enfermedades y plagas.

El Programa Nacional Forestal (PNF) del INIA comenzó sus actividades en 1990 con la instalación de una serie de ensayos de evaluación de orígenes de *E. globulus*, instalándose en 1992 otra serie de ensayos de especies y orígenes, que incluyen *E. globulus*<sup>1</sup>. En 1993 el PNF inicia un Plan de Mejoramiento Genético para *E. globulus*.

En este seminario se abordan tres aspectos críticos para la producción forestal con *E. globulus* en la región Sureste. En el primer Modulo 1 se presentan cuatro conferencias que resumen los avances del Programa Nacional Forestal de INIA en Mejoramiento Genético de esta especie en Zona 2, las cuales son complementadas por las de dos empresas que se están orientando hacia la forestación clonal y por lo tanto han incorporado la clonación en sus planes de mejora genética. En el Modulo 2 se presentan tres conferencias invitadas que analizan la incidencia de diversos factores ambientales y silviculturales sobre plantaciones de *E. globulus*. Finalmente, en el Modulo 3 se presentan otras tres conferencias, también invitadas, que analizan la temática sanitaria y la protección forestal.

Ing. Agr. M.Sc. Gustavo Balmelli

---

<sup>1</sup> Información preliminar sobre estos ensayos ha sido publicada en las Series Técnicas de INIA N° 40; 68; 103; 106 y 123.

# I. AVANCES EN MEJORAMIENTO GENETICO DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* EN EL PROGRAMA NACIONAL FORESTAL DE INIA

## 1. COMPORTAMIENTO RELATIVO DE *E. GLOBULUS* EN ZONA 2.

Gustavo Balmelli<sup>2</sup>

Para evaluar el comportamiento relativo de las principales especies de Eucalyptus en distintas zonas del Uruguay, en la primavera de 1992 se instaló una red de ensayos de evaluación de especies y orígenes en tres zonas de prioridad forestal. En esta sección se presentan los resultados obtenidos al noveno año de evaluación en el ensayo instalado sobre Zona 2. Las características del sitio y del diseño experimental se presentan en el Cuadro 1. El ensayo evalúa el comportamiento de 4 especies, cada una con un número variable de orígenes (Cuadro 2).

**Cuadro 1.** Ubicación y características del ensayo

<b>Ubicación</b>	Villa Serrana (Lavalleja)
<b>Suelos</b>	2.11a
<b>Fecha de plantación</b>	Setiembre 1992
<b>Preparación del suelo</b>	Surcos
<b>Marco de plantación</b>	2.5 x 3 m
<b>Densidad inicial</b>	1333 árb/ha
<b>Fertilización</b>	No
<b>Control de malezas</b>	No
<b>Diseño experimental</b>	Parcelas divididas* en BCA (4 repeticiones)
<b>Tamaño de parcela</b>	30 plantas por origen

Nota: \* especies en parcelas principales y orígenes en subparcelas; BCA = Bloques Completos al Azar.

<sup>2</sup> Ing.. Agr. M.Sc. - Programa Nacional Forestal - INIA Tacuarembó - Email: gubal@inia.org.uy



**Cuadro 2.** Lista de materiales en evaluación. (“Madres” se refiere al número de árboles de los cuales se sacó semilla para formar el lote)

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

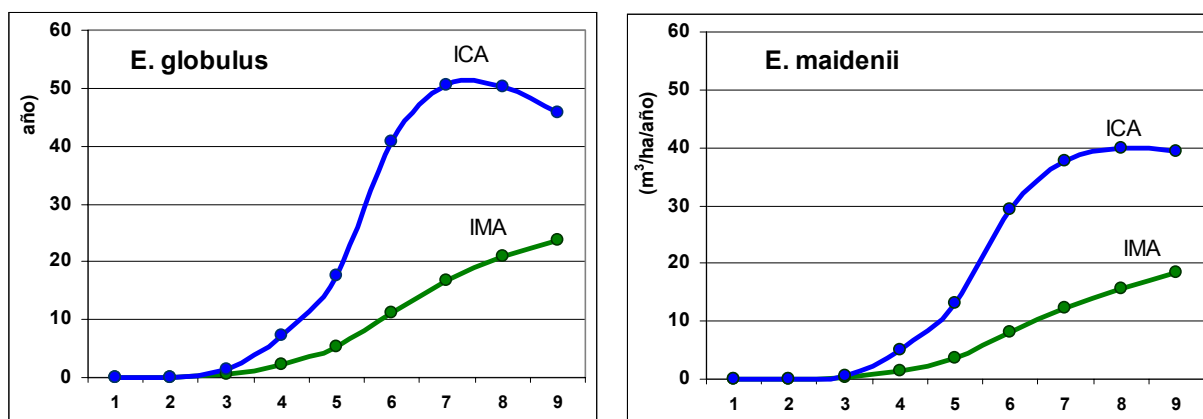
TAS = Tasmania; VIC = Victoria; NSW = New South Wales; QLD = Queensland

En el Cuadro 3 se presentan los valores medios a nivel de especies para diferentes características de crecimiento y productividad, al noveno año de evaluación. Tanto el volumen por árbol como el volumen por hectárea son volúmenes totales con corteza, utilizándose un coeficiente de forma de 0.4. Los valores obtenidos muestran que *E. globulus* es indudablemente la especie más productiva, principalmente por su mayor crecimiento individual.

**Cuadro 3.** Promedio por especie para las diferentes características evaluadas al año 9.

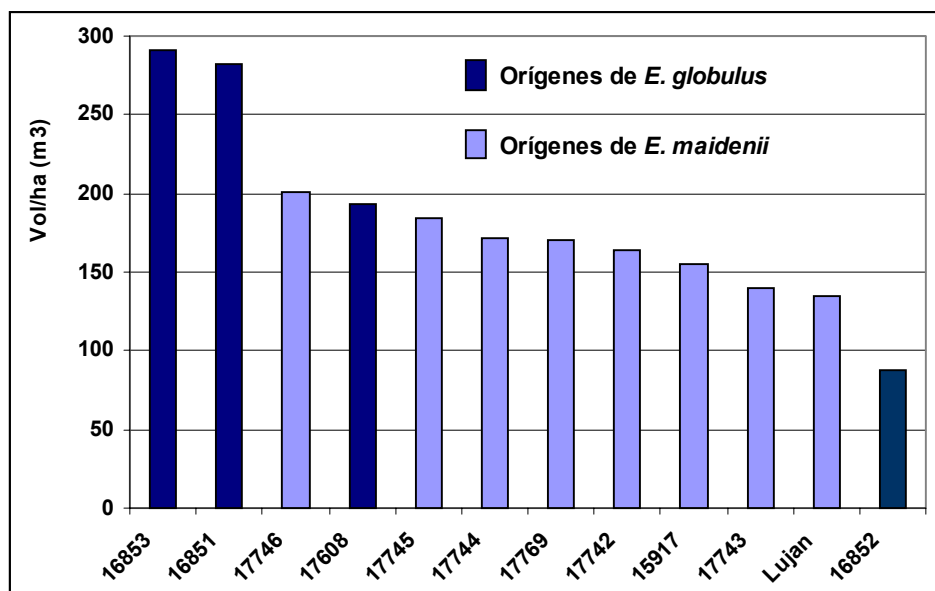
Especie	Altura (m)	DAP (cm)	Vol/árb. (dm <sup>3</sup> )	Sobrev. (%)	Vol/ha (m <sup>3</sup> )
<i>E. globulus</i>	18.3	17.6	203	76	214
<i>E. maidenii</i>	16.7	16.5	153	80	165
<i>E. bicostata</i>	14.6	15.7	127	84	142
<i>E. grandis</i>	14.8	15.4	122	68	114

La evolución del incremento corriente anual (ICA) y del incremento medio anual (IMA), hasta el año 9 para las dos especies más productivas (*E. globulus* y *E. maidenii*), se presenta gráficamente en la Figura 1. En este ensayo el crecimiento inicial fue muy lento debido al reducido laboreo y a que no se fertilizó ni se realizó control de malezas posterior a la plantación. En esta situación recién al cuarto año comienza a darse un crecimiento importante, llegándose a la máxima tasa de crecimiento (máximo ICA) aproximadamente al séptimo año. En la última evaluación (año 9) el IMA para *E. globulus* fue de 23.8 m<sup>3</sup>/ha/año, mientras que para *E. maidenii* fue de 18.3 m<sup>3</sup>/ha/año. En la Figura 1 puede observarse además, que hasta el noveno año no se han cruzado las curvas del ICA y del IMA en ninguna de estas dos especies. Esto significa que aún no se ha alcanzado el máximo IMA, lo cual probablemente ocurra próximo al año 11.



**Figura 1.** Evolución del ICA y del IMA hasta el año 9 para *E. globulus* y *E. maidenii*.

Si bien en este sitio la superioridad de *E. globulus* respecto a las demás especies parece indudable, la elección de una fuente de semilla adecuada puede ser tan importante como la elección de la especie misma. En la Figura 2 se presenta el volumen por hectárea al año 9 para los 4 orígenes de *E. globulus* y los 8 de *E. maidenii*.

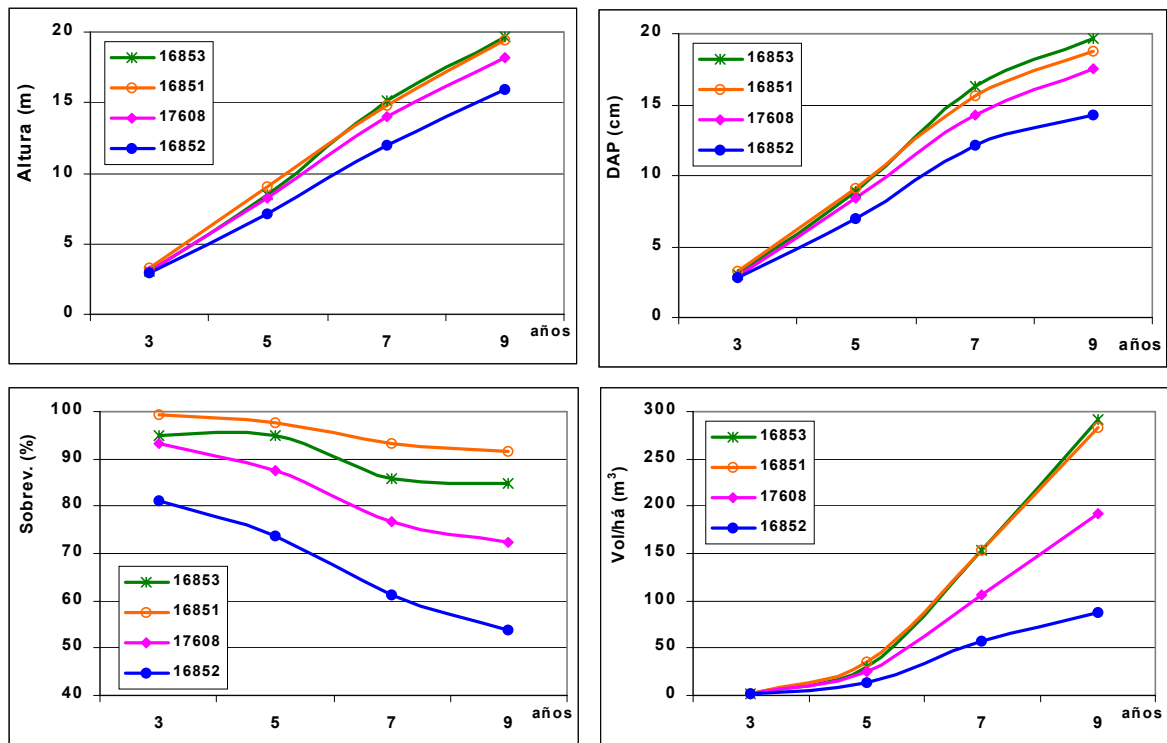


**Figura 2.** Volumen por hectárea al año 9 para los diferentes orígenes de *E. globulus* y *E. maidenii*.

Las diferencias en productividad entre los distintos orígenes de *E. maidenii* son importantes, sin embargo y aunque se evalúan solo cuatro orígenes de *E. globulus*, las diferencias entre los mismos son mucho mayores. Los mejores orígenes de *E. globulus* (16853 y 16851) triplicaron en productividad al peor origen (16852), el cual a su vez tiene una productividad bastante inferior que cualquiera de los orígenes de *E. maidenii*. La Latitud y la Longitud de los dos mejores orígenes y del peor origen de *E. globulus* (Cuadro 2) indican que su ubicación geográfica es muy cercana. Esto sugiere que los orígenes no muestran un patrón de variación claramente definido, siendo imprescindible evaluar toda fuente de semilla antes de su utilización a escala comercial.

En la Figura 3 puede comprobarse que tanto el crecimiento relativo como la sobrevivencia (y por lo tanto la producción por hectárea) de los diferentes orígenes de *E. globulus* no cambian sustancialmente desde el tercer año de evaluación. Estas tendencias indicarían que la selección de los orígenes más productivos podría realizarse a partir del tercer año. Sin embargo, considerando que la sanidad juega un papel muy importante en la productividad de *E. globulus*, sería conveniente basar la toma de decisiones respecto a la fuente de semilla a utilizar en la evaluación de un turno completo.





**Figura 3.** Evolución del comportamiento relativo (crecimiento, sobrevivencia y producción por hectárea) de los diferentes orígenes de *E. globulus* hasta el año 9.

En el tercer artículo de este Módulo (Evaluación de fuentes de semilla de *E. globulus* en Zona 2) se presentan resultados obtenidos con un mayor número de orígenes y procedencias locales.

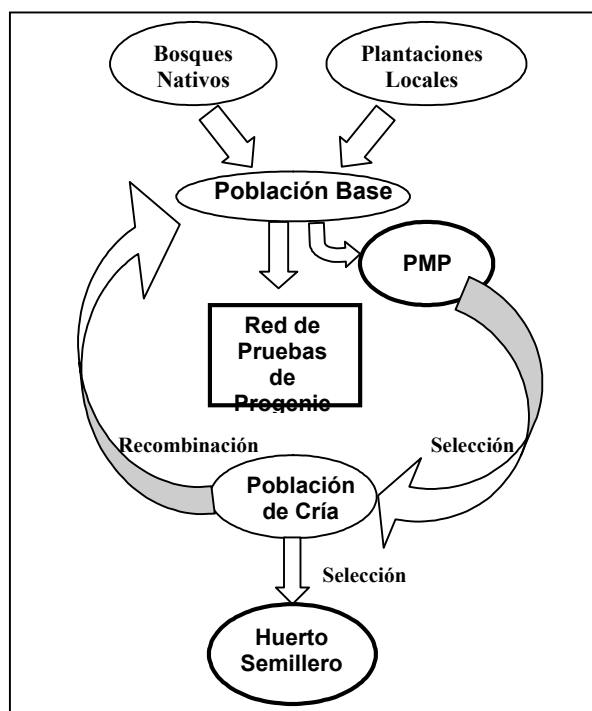
## 2. ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO GENETICO EN *Eucalyptus globulus*

Gustavo Balmelli

El Programa Nacional Forestal del INIA comenzó en 1993 un Plan de Mejoramiento Genético (PMG) para *Eucalyptus globulus*. La meta de dicho plan es proveer a viveristas y productores forestales con material (semillas y clones) mejorado localmente. El objetivo de selección para la primera generación es mejorar la adaptación a las diferentes zonas de prioridad forestal, maximizando la productividad por unidad de área.

La necesidad de trabajar simultáneamente con varias especies y zonas forestales, sumado a la escasez de recursos humanos, ha llevado a seguir una estrategia simple y de bajo costo. Por lo tanto los PMG desarrollados se basan en los siguientes elementos: una Población Multipropósito (manejada sucesivamente como Prueba de Progenie, Población de Cría y Huerto Semillero); una red de Pruebas de Progenie que aportan información genética para el manejo de dicha población; el manejo de la Población de Cría y del Huerto Semillero con polinización abierta; un corto intervalo generacional y una importante introducción de nuevos materiales en cada generación.

El Plan de Mejoramiento se basa en la selección recurrente (Figura 1) y en cada generación se cumplen las siguientes etapas: a) formación de la base genética; b) evaluación en las principales zonas de prioridad forestal; c) selección de progenitores para la Población de Cría y el Huerto Semillero.



**Figura 1.** Esquema del proceso de Selección Recurrente. (PMP es la Población Multipropósito).

A continuación se presenta una descripción de las principales etapas desarrolladas durante la primera generación de mejoramiento.

### a) Formación de la base genética para la primera generación

La variabilidad genética es un pre-requisito para obtener éxito en un plan de mejoramiento genético. La base genética para la primera generación de mejoramiento de *E. globulus* se formó con dos grandes fuentes de recursos genéticos: bosques nativos en Australia (Sur de Victoria y Tasmania) y plantaciones

comerciales locales. La primera de estas fuentes aporta una amplia diversidad genética mientras que la segunda aporta adaptación a nuestras condiciones y, a través de una gran intensidad de selección, características deseables.

En 1993 se realizó la introducción de semilla (adquirida en el CSIRO) de 180 árboles procedentes de 30 orígenes diferentes, que abarcaban gran parte del área de distribución natural de la especie. Dichos árboles son “elegidos” principalmente por ser representativos del bosque al que pertenecen (origen) y no necesariamente por poseer características destacables.

La selección local también se realizó en 1993, obteniéndose más de 100 árboles fenotípicamente superiores en 5 plantaciones pertenecientes a Metzen y Sena (Canelones); Diano (Lavalleja); IPUSA (Maldonado) y MGAP (Rocha). Se prospectaron plantaciones de más de 6 años, con buen estado general (sobrevivencia, crecimiento y sanidad). Dentro de cada plantación se seleccionaron aquellos árboles con características destacables (principalmente crecimiento y sanidad, y en menor medida forma del fuste), con una intensidad de selección promedio de 1 en 2000 árboles, de los cuales se cosechó semilla. La semilla utilizada en dichas plantaciones provenía de Australia (de varios orígenes), de España o había sido cosechada por las propias empresas en plantaciones anteriores (generalmente de origen desconocido).

## **b) Evaluación en las principales zonas de prioridad forestal**

La evaluación genética de la población base es realizada mediante ensayos denominados Pruebas de Progenie y constituye una de las actividades más importantes de todo plan de mejoramiento genético. Dichas pruebas brindan información sobre: (i) el comportamiento productivo de diferentes fuentes de semilla en diferentes sitios y (ii) sobre la arquitectura genética de la población base. El primer tipo de información es directamente utilizable por el productor forestal, mientras que el segundo tipo de información es utilizado por el mejorador en diferentes etapas del plan de mejoramiento.

Entre 1994 y 1995 se instalaron, en convenio con empresas forestales, 9 Pruebas de Progenie en tres zonas de prioridad forestal. En 1996 se instaló en la Estación Experimental de INIA-Las Brujas la Población Multipropósito, Cuadro 1.



**Cuadro 1.** Ubicación y constitución de las Pruebas de Progenie (PP) y de la Población Multipropósito (PMP).

Prueba de Prog.	Año	Sitio	Fuente de semillas	Numero de progenies
A 35	1994	Tacuarembó (ART)	Orígenes Australianos	70
A 36	1994	Río Negro (EUFORES)		108
A 37	1994	Minas (Diano)		75
A 48	1995	Rivera (COFUSA)		58
A 49	1995	Aiguá (Diano)		50
A 50	1995	Palmitas (COFUSA)		49
L 51	1995	Aiguá (Diano)	Selecciones Locales	87
L 52	1995	Palmitas (COFUSA)		87
L 53	1995	Tacuarembó (Paso Alto)		89
PMP	1996	Canelones (INIA)	Ambas fuentes	209

Nota: la Prueba A 36 se perdió el año de instalación por sequía.

El período de evaluación comenzó al año de instaladas las Pruebas de Progenie y continúa con evaluaciones cada dos años. En cada evaluación se mide el crecimiento (altura y DAP) y la sobrevivencia, con lo que posteriormente se calcula la producción de madera por árbol y por hectárea.

La información obtenida es utilizada para estimar parámetros genéticos para las características de interés, permitiendo:

- cuantificar la variación genética existente en la población
- cuantificar la relación entre el control genético y el control ambiental (heredabilidad)
- conocer la relación genética existente entre diferentes características (correlaciones genéticas)
- cuantificar la interacción genotipo-ambiente (heredabilidad conjunta y correlaciones genéticas entre sitios)
- predecir el valor de cría (o valor genético) de cada progenitor
- estimar ganancias genéticas

Los parámetros poblacionales son utilizados para orientar la estrategia de mejoramiento (definir las zonas de mejora, los criterios y edades de selección, etc.) y los valores de cría para seleccionar los mejores progenitores según las características de interés, como productores de semilla<sup>3</sup>.

### c) Selección de progenitores para la Población de Cría y el Huerto Semillero

La Población Multipropósito se constituye inicialmente por las progenies (también llamadas familias ya que los individuos de una progenie son medios hermanos) de la mayoría de los progenitores en evaluación. Como se mencionó al inicio, la segunda función que cumple esta población es la de Población de Cría. El objetivo de la misma es el permitir que el mayor número posible de individuos no emparentados se entrecrucen entre sí, lo cual es de gran importancia para un Plan de Mejoramiento Genético de largo plazo ya que permite incrementar la variabilidad genética para la siguiente generación de mejoramiento.

<sup>3</sup> La estimación y utilización de estos parámetros en la primera generación de *E. globulus* puede consultarse en la Serie Aftercare Forestal INIA-JICA N°5.

La Población de Cría se obtiene mediante una primera selección (o raleo genético) de la Población Multipropósito. La selección tiene dos efectos contrapuestos: incrementa la frecuencia de los genes deseables y disminuye la variabilidad genética. Por tal motivo y para asegurar una base genética importante para la siguiente generación este primer raleo es de baja intensidad, buscándose eliminar únicamente aquellas progenies e individuos claramente inferiores.

Normalmente la Población de Cría funciona solamente durante un año, ya que una vez obtenida la semilla para la siguiente generación comienza una segunda etapa de selección con el objetivo de formar un Huerto Semillero. Esta nueva selección es de mayor intensidad ya que lo que se busca es que el Huerto Semillero contenga únicamente las mejores familias y dentro de éstas los mejores individuos para obtener semilla de alto valor genético y por lo tanto maximizar las ganancias genéticas en el corto plazo.

A diferencia de la Población de Cría, el Huerto Semillero estará en funcionamiento durante varios años, por lo que el mismo podrá mejorarse mediante nuevos raleos a medida que se vaya obteniendo información más adulta o información de otras características de interés en las Pruebas de Progenie.

La Población Multipropósito instalada en 1996 en Las Brujas, contenía inicialmente 209 familias. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, con 14 repeticiones y parcelas de 4 plantas, de las cuales en 1997 se dejó la mejor según estado sanitario, crecimiento y forma.

Al tercer año de crecimiento, en Febrero de 2000, se realizó la primera selección de familias. Utilizándose en forma conjunta la información obtenida en la red de Pruebas de Progenie (ver Cuadro 1), se estimó el valor genético de cada progenitor (Valor de Cría) para volumen por hectárea al tercer año. Luego de rankear estos valores se procedió a eliminar todos los individuos pertenecientes a las 62 peores familias.

En Abril de 2001 se efectuó un segundo raleo, seleccionándose en este caso tanto familias como individuos dentro de familias. Para la selección de familias se utilizó la misma metodología que para el raleo anterior, pero esta vez con la información del quinto año de evaluación, eliminándose todos los individuos de las 23 peores familias. De las familias retenidas se eliminaron todos los individuos que presentaban problemas sanitarios o escaso crecimiento. Como resultado de ambos raleos genéticos, la Población de Cría contiene actualmente las 124 mejores familias.

Si bien no se seleccionó directamente por tolerancia a enfermedades y plagas, la selección por productividad (que combina sobrevivencia y crecimiento) constituye una forma de selección indirecta por sanidad. Al seleccionar por sobrevivencia se logra una mayor adaptación a factores ambientales extremos (tanto bióticos como abióticos) y al seleccionar por velocidad de crecimiento (y por lo tanto por vigor) se logra una menor predisposición al ataque de patógenos endófitos (presentes en árboles sanos pero que sólo comienzan la infección cuando el mismo está bajo condiciones de estrés).

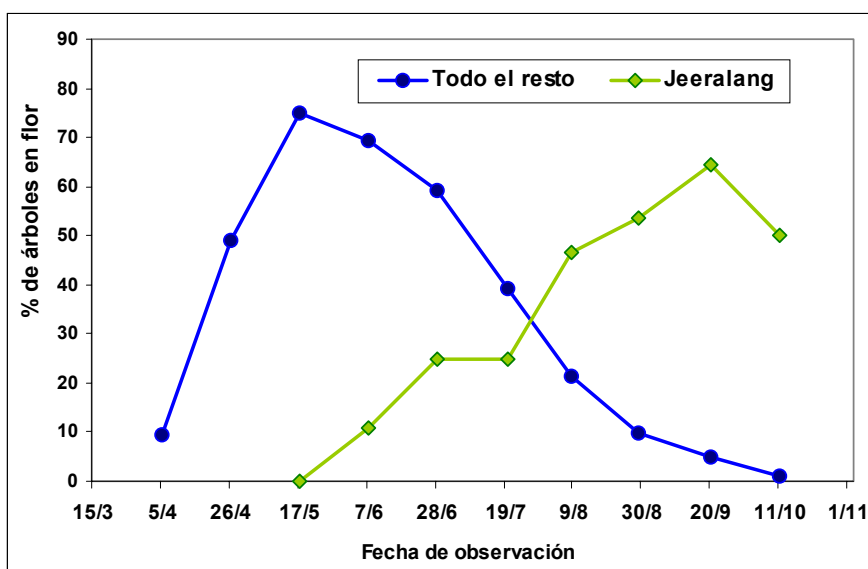
### **Registro del período de floración**

Como se dijo anteriormente, en la Población de Cría se busca que el mayor número posible de individuos no emparentados se entrecrucen entre sí para incrementar la variabilidad genética para la siguiente generación de mejoramiento. La calidad genética de la semilla producida no solamente depende del pool genético sino también del nivel de intercrucamiento, lo cual en buena medida está determinado por el grado de sincronización con que florecen los árboles de la población. Dado que la floración puede variar con el sitio, con la procedencia, entre familias y/o individuos, la inspección de la fecha de inicio y de finalización del período de floración de cada árbol permite conocer la existencia de individuos que florecen desfasados del resto. De ser así, dichos individuos no son cosechados ya que tienen una alta probabilidad de autofecundarse, con la consiguiente depresión por endogamia de su progenie.

La primera floración importante de la Población de Cría de *E. globulus* ocurrió en 2001, a los cuatro años y medio de edad. La floración de cada árbol fue inspeccionada cada 3 semanas, entre Abril y Octubre, para registrar la presencia o ausencia de flores. En dicho periodo floreció el 35 % de los 980 individuos presentes en la población, representando al 65 % de las 124 familias.

El período de floración comenzó a fines de Marzo y finalizó a fines de Octubre, registrándose el pico de floración a mediados de Mayo, momento en que estaban simultáneamente en flor casi el 70 % de los individuos que florecieron. No se observaron diferencias entre el período de floración de los individuos pertenecientes a familias australianas y locales, con excepción de los individuos del origen Jeeralang. Estos individuos comenzaron a florecer recién en Junio y su pico de floración ocurrió a fines de Setiembre, cuatro meses más tarde que para el resto de la población (Figura 2).

Como se verá en los artículos 3 y 4 de este Módulo, el origen Jeeralang es una excelente fuente de semilla para nuestras condiciones y no cabe duda de la importancia de incluirlo en el plan de mejoramiento de *E. globulus*. Sin embargo, el desfase entre el período de floración de este origen y el del resto de la población puede considerarse como una barrera reproductiva. Desde el punto de vista de la producción de semilla esta limitante podría levantarse mediante la implementación de un plan operacional de cruzamientos controlados. Si bien esta metodología viene realizándose exitosamente en *E. globulus* por empresas de varios países (Stora Celbi en Portugal; Forestal Monteaguila y Bosques Arauco en Chile y Cooperativa Australiana de Mejoramiento Genético en Australia), la actual disponibilidad de recursos del Programa Nacional Forestal del INIA hace que la implementación de dicha metodología no sea posible en el corto plazo. Mientras tanto para la producción de semilla comercial se deberán realizar dos cosechas y formar dos lotes de semilla diferentes, uno para el origen Jeeralang y otro para el resto de la población.



**Figura 2.** Período de floración de individuos pertenecientes al origen Jeeralang y al resto de la población.

### Primera cosecha de frutos y semillas

Para determinar el momento de cosecha se realizó a partir de Febrero de 2002 un muestreo mensual para conocer la evolución de la madurez fisiológica de la semilla. La semilla recién alcanzó una madurez aceptable a fines de Marzo, por lo que la cosecha se realizó en Abril. Para la segunda generación de mejoramiento se cosecharon frutos de 115 árboles, como para obtener un gramo de semilla por árbol.



Para la producción de semilla comercial se excluyeron los árboles pertenecientes al origen Jeeralang (para minimizar los problemas derivados de la autofecundación) y solamente se cosecharon aquellos individuos que hubiesen terminado de florecer en la evaluación del 9 de Agosto. Se cosecharon 80 árboles que poseían suficientes frutos como para justificar su cosecha. Luego de extraída y procesada la semilla se obtuvieron 400 gramos de semilla limpia, la cual se encuentra actualmente en trámite de certificación ante el INASE para posteriormente ser puesta a disposición de los productores forestales.

Si bien el volumen de semilla producido en esta primera cosecha es muy reducido, su utilización en Ensayos de Rendimiento permitirá comenzar a evaluar su comportamiento (tanto productivo como sanitario) respecto a otras fuentes de semilla utilizadas actualmente a nivel comercial.

## **Segunda generación de Mejoramiento Genético**

La segunda generación de mejoramiento se inicia en el presente año en el marco de un acuerdo de trabajo entre el INIA y la Sociedad de Productores Forestales. En el mes de Abril se sembró el material genético para la segunda generación en dos viveros comerciales (Vilanova y Solis). El mismo está formado por semillas de 230 progenitores de tres grandes fuentes de semilla: Población de Cría (o segunda generación propiamente dicha); mejores progenitores de la primera generación y nuevas introducciones (de programas de mejoramiento de Chile y de los mejores orígenes Australianos).

La estrategia general y las actividades a realizar serán similares a las de la primera generación. Sin embargo para la segunda generación de mejoramiento se realizarán modificaciones en las “zonas de evaluación” y en los “objetivos de selección”.

Las pruebas de progenie en la primera generación se instalaron en las zonas 2, 7 y 9. Teniendo en cuenta los problemas de adaptación que demuestra *E. globulus* fuera de la región Sureste (evidenciados por importantes problemas sanitarios) y teniendo en cuenta que en los últimos años esta especie se ha extendido principalmente en dicha región, se decidió instalar las pruebas de evaluación genética de la segunda generación solamente en los Departamentos de Maldonado, Lavalleja y Rocha.

Respecto a los objetivos de selección, en la primera generación el principal objetivo de selección fue el aumento en la productividad. Si bien esto constituye una forma indirecta de selección por tolerancia a enfermedades y plagas, para lograr material genético “tolerante” debe incluirse la susceptibilidad a las principales plagas y enfermedades como criterios de selección específicos. Teniendo en cuenta los importantes problemas sanitarios que presenta esta especie, se definieron para la segunda generación dos objetivos de selección con igual peso: productividad y sanidad.

## **Evaluación genética del comportamiento sanitario**

Con el fin de obtener los recursos necesarios para llevar a cabo la evaluación del comportamiento sanitario en la segunda generación, se presentó un proyecto al Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT). El título de dicho proyecto es: “Desarrollo de una raza local de *Eucalyptus globulus* tolerante a las principales enfermedades y plagas”<sup>4</sup>.

Los principales objetivos del proyecto son:

---

<sup>4</sup> Hasta el momento el PDT no se ha expedido en cuanto a la aprobación de los proyectos presentados.

1. Depurar el Huerto Semillero de primera generación en base a la selección de los progenitores con menor susceptibilidad a enfermedades y plagas que afectan la madera de árboles en pie, posibilitando a corto plazo la producción de semilla de buena productividad y sanidad.
2. Seleccionar para el Huerto Semillero de segunda generación aquellos progenitores con menor susceptibilidad a enfermedades y plagas que afectan el follaje, posibilitando a mediano plazo la producción de semilla de mayor productividad y mejor sanidad.

Para lograr estos objetivos, el proyecto se dividirá en 3 etapas. En la primera etapa se evaluará la tolerancia a enfermedades y plagas que afectan la madera de árboles en pie en las pruebas de progenie de primera generación. En la segunda etapa se evaluará la tolerancia a enfermedades y plagas que afectan el follaje en las pruebas de progenie de segunda generación. La tercera y última etapa también se realizará sobre la segunda generación, pero en este caso mediante inoculación artificial con *Mycosphaerella* spp.

La información generada permitirá definir cual o cuales enfermedades o plagas son factibles de mejora mediante selección y finalmente manejar los Huertos Semilleros mediante la selección de aquellos progenitores más tolerantes a las mismas.

### 3. EVALUACION DE FUENTES DE SEMILLA DE *E. globulus* EN ZONA 2

Gustavo Balmelli

Se presentan en este artículo los resultados obtenidos hasta el séptimo año de crecimiento en las Pruebas de Progenie de *E. globulus* instaladas en el Departamento de Lavalleja. Se evalúan dos pruebas con diferentes orígenes australianos (A 37 y A 49) y una prueba con procedencias locales (L 51). Las características de los sitios y del diseño de los ensayos se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Características de los sitios y del diseño de los ensayos

	<b>Prueba A 37</b>	<b>Prueba A 49</b>	<b>Prueba L 51</b>
<b>Lugar</b>	Minas	Aiguá	Aiguá
<b>Suelo</b>	2.11a	2.11a	2.11a
<b>Fecha de plantación</b>	Setiembre 1994	Setiembre 1995	Setiembre 1995
<b>Preparación de suelo</b>	Fajas con surcador	Fajas con excéntrica y cincel	Fajas con excéntrica y cincel
<b>Marco de plantación</b>	3.3 x 2.2 m	3 x 2.5 m	3 x 2.5 m
<b>Densidad</b>	1377	1333	1333
<b>Fertilización</b>	No	No	No
<b>Control de malezas</b>	No	Excéntrica al año	Excéntrica al año
<b>Diseño experimental</b>	Parcelas divididas en BCA (6 repeticiones)	Parcelas divididas en BCA (6 repeticiones)	BCA (10 repeticiones)
<b>Tamaño de la parcela (progenie)</b>	10 plantas en línea	10 plantas en línea	5 plantas en línea
<b>Número de progenies</b>	75	50	87

La información correspondiente a la ubicación geográfica los lotes de semilla en evaluación, así como el número de progenies que forman cada lote se presenta en los Cuadros 2, 3 y 4.

**Cuadro 2.** Lista de orígenes evaluados en la Prueba A 37.

Codigo CSIRO	Localidad	Estado	Latitud	Longitud	Altitud	N° de progenies
16846	Jeeralangs-Yarram	VIC	38.24	146.31	225	2
16405	12.1 k S Lorne PO	VIC	38.36	143.54	200	1
17609	Wilson`s Promontory	VIC	39.08	146.25	60	4
18035	Flinders Island	TAS	40.03	148.01	80	4
17799	Flinders Island	TAS	40.06	148.00	15	4
16419	Cape Barren Island	TAS	40.21	148.07	20	2
16417	N Cape Barren Island	TAS	40.22	148.13	20	4
16858	North East Coast	TAS	41.02	148.17	10	1
16857	Pepper Hill Road	TAS	41.38	147.51	540	5
16412	Little Henty River	TAS	41.56	145.12	10	1
18028	Lake Leake RD Swansea	TAS	42.01	147.58	300	5
16475	SW of Jericho	TAS	42.45	147.16	500	4
16470	Moogara	TAS	42.47	146.55	500	19
18033	Lonnavule	TAS	42.58	146.44	300	3
16478	Koonya Tasman Pen	TAS	43.04	147.50	20	1
16860	Blue Gum Saddle	TAS	43.13	146.55	250	4
18032	Geeveston Area	TAS	43.13	146.54	360	6
16861	SSE of Geeveston	TAS	43.16	146.57	180	2
16862	S Bruny Island	TAS	43.21	147.18	210	2
Diano	Semilla propia	-	-	-	-	1

**Cuadro 3.** Lista de orígenes evaluados en la Prueba A 49.

Código CSIRO	Localidad	Estado	Latitud	Longitud	Altitud	N° de progenies
16319	Jeeralang North	VIC	38.19	146.33	220	11
17608	King Island	TAS	39.56	143.52	40	1
16415	EN Cape Barren Is.	TAS	40.32	148.19	60	1
16474	N of St. Mays	TAS	41.34	148.12	400	1
16863	SW Jericho	TAS	42.25	147.16	500	2
16473	EN New Norfolk	TAS	42.43	147.09	300	3
17695	SW of Hobart	TAS	42.58	147.14	250	2
17696	Moogara	TAS	42.47	146.56	500	11
18027	Snug Tiers Road	TAS	43.05	147.14	200	6
16476	S of Geeveston	TAS	43.12	146.54	250	4
18025	Middleton	TAS	43.13	147.15	5	1
16864	SSE of Geeveston	TAS	43.15	146.56	200	3
16471	NW of Dover	TAS	43.16	146.59	190	4

**Cuadro 4.** Procedencias\* evaluadas en la Prueba L 51.

Código	Sitio de selección (procedencia)	N° de progenies
B	Boncini. Metzen y Sena (Canelones)	55
DP	Doña Pancha. Metzen y Sena (Canelones)	11
D	Diano. (Lavalleja)	16
P	Cabo Polonio. MGAP (Rocha)	4
IPU	IPUSA (Maldonado)	1

\* A lo largo del texto el término procedencia se utiliza para las fuentes de semillas no provenientes directamente del lugar de origen de la especie (Australia).

Los parámetros medidos en todas las pruebas fueron altura total y diámetro a la altura del pecho (DAP). Con estos datos se calculó el porcentaje de sobrevivencia a nivel de parcela, el volumen total con corteza por árbol y por hectárea. Para el cálculo de volumen se utilizó un factor de forma de 0.4.

### Resultados en la Prueba A 37

En esta prueba se observó una importante variación en el comportamiento de los diferentes orígenes, tanto en crecimiento individual como en sobrevivencia (Cuadro 5). En general existe una tendencia a que los orígenes de mayor crecimiento individual presentan también mayor sobrevivencia, lo que en definitiva se traduce en mayores diferencias de producción por hectárea. Aún dejando de lado el origen 17609 (de pobrísimo crecimiento y baja sobrevivencia), el mejor origen tiene una productividad tres veces superior que la del peor origen, lo que demuestra la importancia de la evaluación local.

**Cuadro 5.** Valores medios para volumen individual, sobrevivencia y volumen por hectárea al año 7 (volúmenes totales, con corteza).

<b>Origen</b>	<b>VOL/ARB (dm<sup>3</sup>)</b>	<b>SOB (%)</b>	<b>VOL/HA (m<sup>3</sup>)</b>
<b>16405</b>	271,5	86,7	322
<b>16858</b>	227,0	81,7	264
<b>16412</b>	171,8	91,7	216
<b>16846</b>	183,6	83,3	214
<b>16419</b>	152,0	84,2	179
<b>DIANO</b>	180,8	71,7	179
<b>18478</b>	149,0	83,3	171
<b>18033</b>	165,0	75,0	170
<b>18035</b>	170,4	70,4	166
<b>16417</b>	148,0	80,4	163
<b>16860</b>	159,0	72,1	160
<b>16857</b>	145,9	72,0	147
<b>18032</b>	157,6	63,3	145
<b>16470</b>	136,7	73,3	142
<b>18028</b>	141,4	66,3	129
<b>16475</b>	123,5	71,3	129
<b>17799</b>	125,0	65,4	115
<b>16861</b>	123,4	63,3	111
<b>16862</b>	135,7	53,3	105
<b>17609</b>	50,1	37,5	28

En la Figura 1 se presenta gráficamente la producción por hectárea de cada origen al quinto y séptimo año. El origen 16405 (Sur de Lorne, Victoria) se destaca tanto por su crecimiento individual como por hectárea, alcanzando al séptimo año un incremento medio anual (IMA) de 46 m<sup>3</sup>/ha/año. El segundo origen más productivo es el 16858 (Costa Noreste, Tasmania), con un IMA de 37.7 m<sup>3</sup>/ha/año. En tercer lugar se ubican los orígenes 16412 (Little Henty River) y 16846 (Jeeralangs-Yarram, Victoria), con un IMA de 30.8 m<sup>3</sup>/ha/año. Aun con buena productividad se encuentran los orígenes 16419 (Isla Cape Barren) y DIANO, con valores de IMA al séptimo año de 25.5 m<sup>3</sup>/ha/año.

Cabe destacar que cada uno de los tres mejores orígenes están formados por una sola progenie, la cual puede o no ser representativa del área a la que pertenecen (origen), por lo que la productividad de los mismos debe tomarse con mucha precaución. Sin embargo, la marcada superioridad del origen 16405 (Sur de Lorne), la cual se repite en la prueba instalada en Tacuarembó donde existen mayores problemas sanitarios, sugieren que este origen es una excelente fuente de semilla como para ser utilizado en plantaciones comerciales.

Desde el punto de vista del mejoramiento genético, tan importante como la variación que se da entre orígenes es la variación existente dentro de los mismos, es decir entre diferentes progenies del mismo origen. En la Figura 2 se presenta a modo de ejemplo la producción de las diferentes progenies del origen 16470 (Moogara, Tasmania). Este origen tiene en promedio un volumen acumulado al séptimo año de 142 m<sup>3</sup>/ha, sin embargo, la mejor de sus 19 progenies tiene una producción casi cuatro veces superior que la peor de sus progenies (233 y 60 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente). En otras palabras, si bien este origen tiene en promedio una producción relativamente pobre y por lo tanto no sería recomendable como fuente de semilla para plantaciones comerciales, sus mejores progenitores son de gran utilidad para el plan de mejoramiento genético.



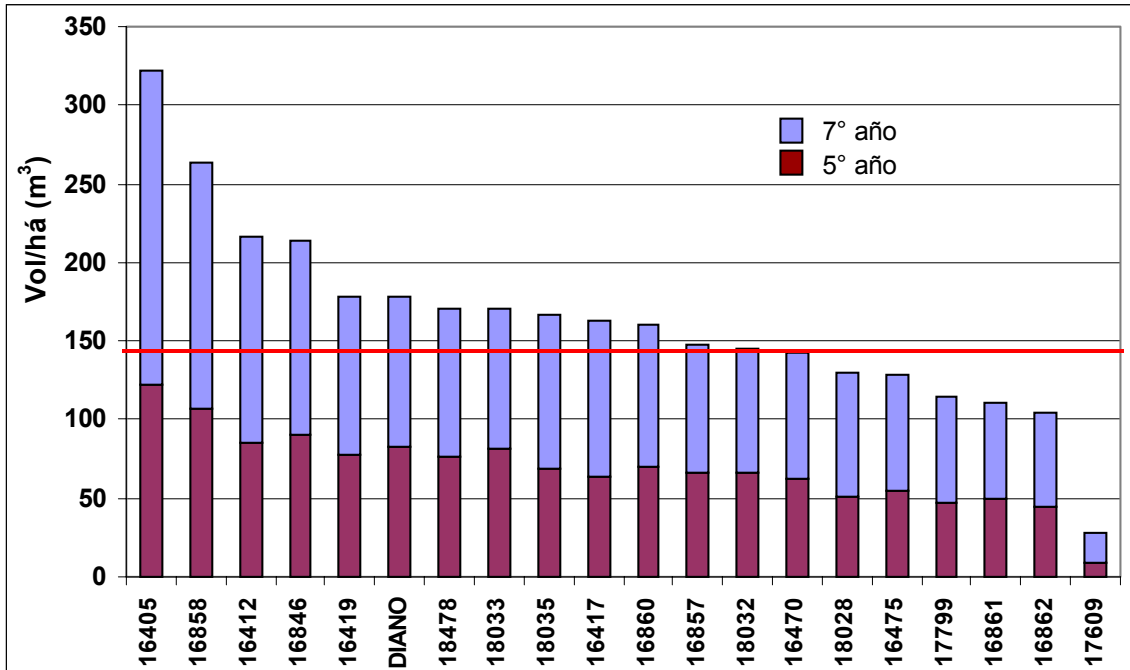


Figura 1. Volumen por hectárea (con corteza) de cada origen al quinto y séptimo año.

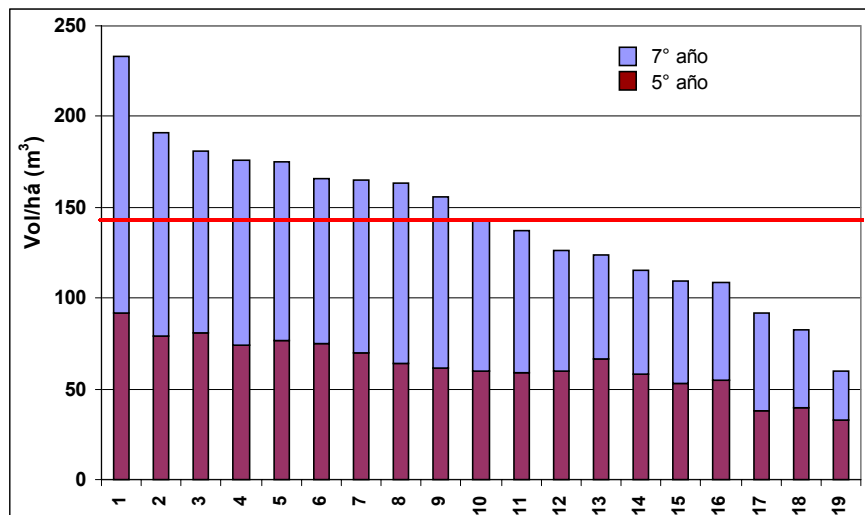


Figura 2. Volumen por hectárea (quinto y séptimo año) de cada progenie perteneciente al origen 16470 (la línea horizontal indica el promedio general de la prueba al séptimo año).

### Resultados en la Prueba A 49

Como en la prueba anterior, se observaron importantes diferencias entre orígenes, tanto en crecimiento individual como en sobrevivencia (Cuadro 6). También se da la tendencia de que los orígenes de mayor crecimiento individual presentan mayor sobrevivencia (a excepción del origen 18025). En este caso el

mejor origen tiene una productividad tres veces y media superior a la del peor origen, lo que confirma la importancia de la evaluación local.

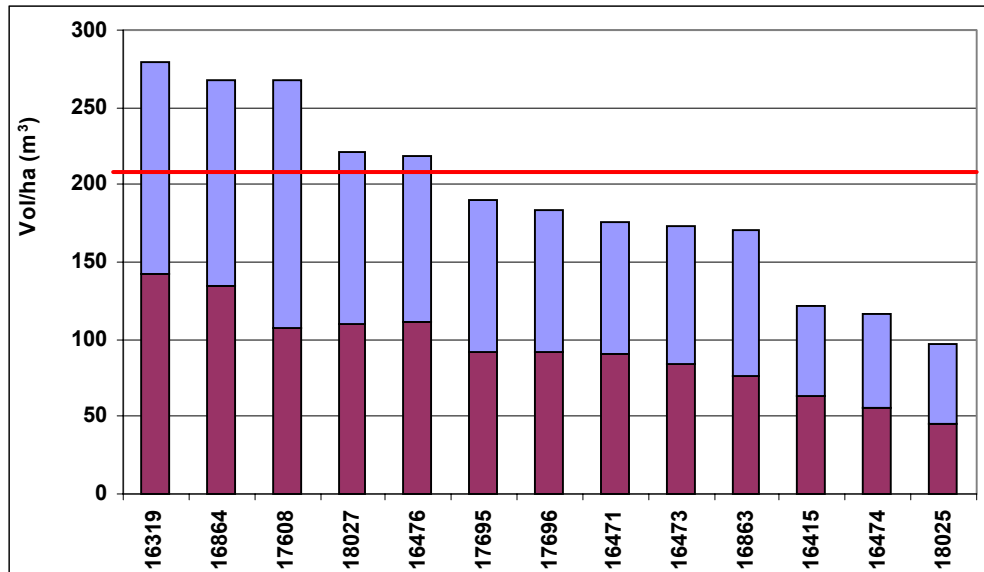
**Cuadro 6.** Valores medios para volumen individual, sobrevivencia y volumen por hectárea al año 7 (volúmenes totales, con corteza).

Origen	VOL/ARB (dm <sup>3</sup> )	SOB (%)	VOL/HA (m <sup>3</sup> )
<b>16319</b>	243	86,1	279
<b>16864</b>	232	86,7	268
<b>17608</b>	262	76,7	267
<b>18027</b>	222	75,3	221
<b>16476</b>	245	66,3	219
<b>17695</b>	209	68,3	190
<b>17696</b>	188	71,2	183
<b>16471</b>	186	70,4	175
<b>16473</b>	188	68,3	173
<b>16863</b>	213	60,0	170
<b>16415</b>	166	55,0	121
<b>16474</b>	201	43,3	116
<b>18025</b>	311	23,3	97

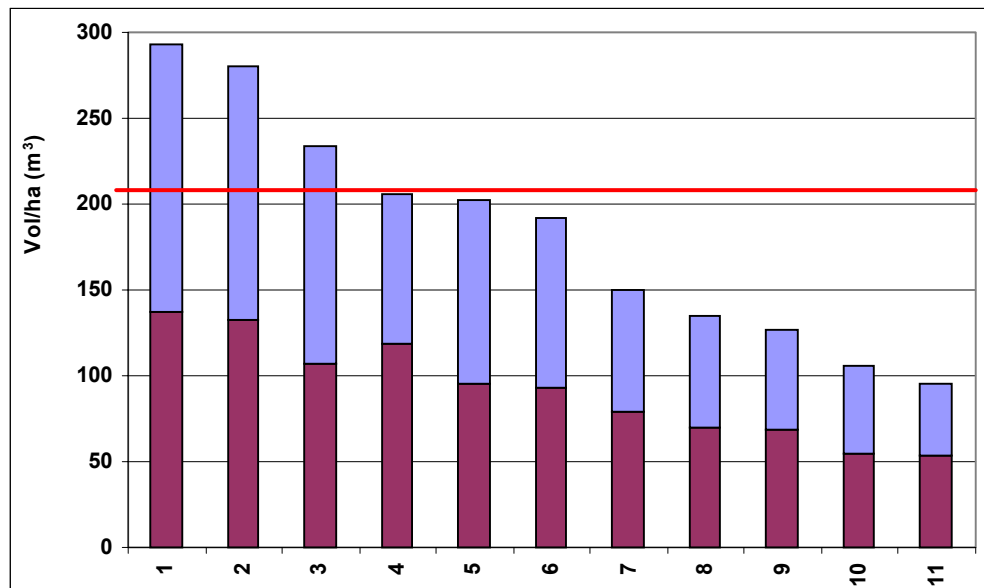
En la Figura 3 se presenta gráficamente la producción por hectárea de cada origen al quinto y séptimo año. Los orígenes 16319 (Norte de Jeeralang, Victoria); 16864 (Sureste de Geeveston, Tasmania) y 17608 (Isla King, Tasmania) combinan buenos valores de crecimiento individual y sobrevivencia, por lo que se destacan en productividad por hectárea, alcanzando al séptimo año un incremento medio anual (IMA) de 39 m<sup>3</sup>/ha/año. En un segundo grupo, se encuentran los orígenes 18027 (Snug Tiers, Tasmania) y 16476 (Sur de Geeveston, Tasmania), con aceptable productividad (IMA de 31 m<sup>3</sup>/ha/año).

Estos resultados, así como los de la prueba anterior, demuestran que el origen Jeeralang es uno de los orígenes de mayor producción por hectárea, lo cual es consistente con la evaluación realizada en otra serie de ensayos (Balmelli y Resquin, 1999), donde este origen fue también el que presentó mejor forma y mejor comportamiento sanitario. En el siguiente artículo se verá además que el origen Jeeralang presenta mayor densidad de madera, alto rendimiento y buenas características de pulpa. Por lo tanto este origen parece ser una excelente fuente de semillas para plantaciones comerciales en Zona 2. Si bien se han generado ciertas dudas respecto a la utilización del Jeeralang a escala comercial, debido a que presenta características anatómicas similares a las de las subespecies *pseudoglobulus* y *bicostata* (flores triples en lugar de simples), taxonómicamente se lo clasifica como *E. globulus* ssp. *globulus* (Jordan *et al.* 1993) y estudios moleculares han determinado que es imposible distinguirlo de otros orígenes de la subespecie *globulus* del Estado de Victoria (Jones *et al.* 2001).

Como se dijo anteriormente, desde el punto de vista del mejoramiento genético también es importante la variación que se da entre las progenies de un mismo origen. En la Figura 4 se presenta a modo de ejemplo la producción de las diferentes progenies de otro origen Moogara, en este caso el 17696. Este origen tiene en promedio un volumen acumulado al séptimo año de 183 m<sup>3</sup>/ha, sin embargo, la mejor de sus 11 progenies tiene una producción tres veces superior que la peor de sus progenies (293 y 96 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente). Nuevamente, si bien el origen Moogara no sería recomendable como fuente de semilla para plantaciones comerciales, sus mejores progenitores son de gran valor para el plan de mejoramiento genético.



**Figura 3.** Volumen por hectárea (con corteza) de cada origen al quinto y séptimo año.



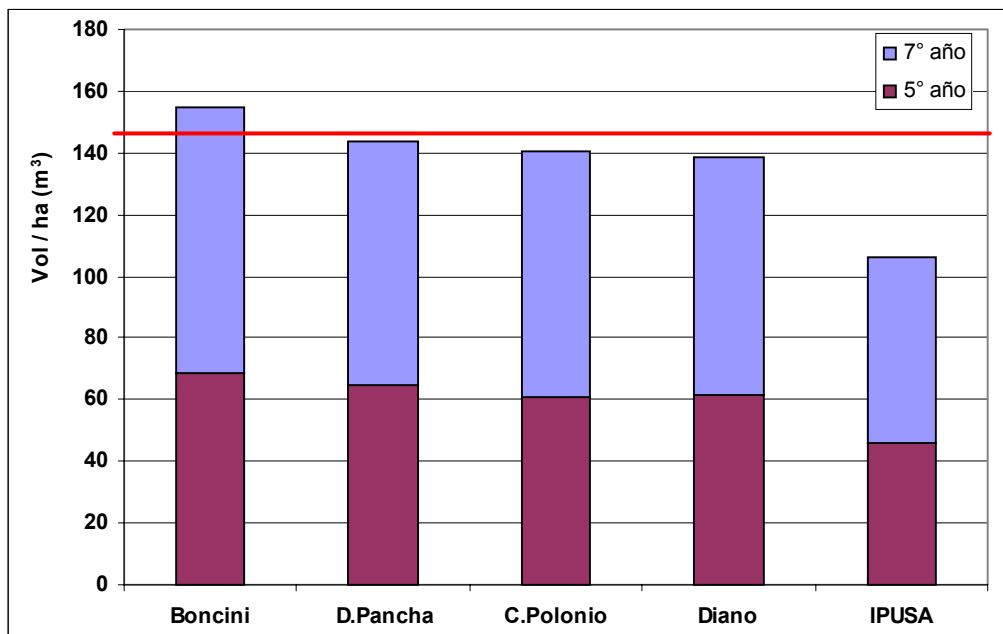
**Figura 4.** Volumen por hectárea (quinto y séptimo año) de cada progenie perteneciente al origen 17696 (la línea horizontal indica el promedio general de la prueba al séptimo año).

### Resultados en la Prueba L 51

A diferencia de los orígenes australianos, las procedencias locales prácticamente no difieren en sobrevivencia y difieren levemente en crecimiento individual, por lo que la mejor procedencia (Boncini) supera en menos de 50 % la producción por hectárea de la peor procedencia (Cuadro 7, Figura 5). La relativamente baja variabilidad entre procedencias locales era esperable dado que las plantaciones comerciales en las que se realizó selección de árboles fueron elegidas en base a sobrevivencia y crecimiento, o sea que en cierta medida ya son materiales “probados” localmente. Por el contrario, los orígenes introducidos fueron elegidos tratando de cubrir gran parte del área de distribución natural, justamente para captar la variabilidad natural existente dentro de la especie.

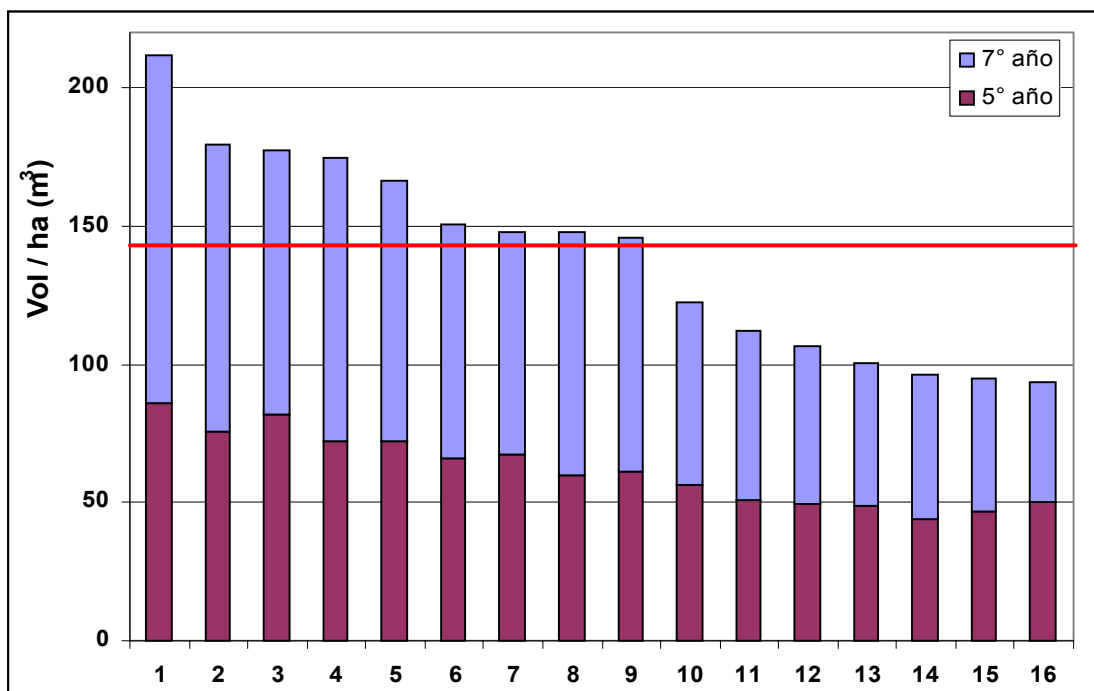
**Cuadro 7.** Valores medios para volumen individual, sobrevivencia y volumen por hectárea al año 7 (volúmenes totales, con corteza).

Procedencia	VOL/ARB (dm <sup>3</sup> )	SOB (%)	VOL/HA (m <sup>3</sup> )
<b>Boncini</b>	207	56,1	155
<b>D. Pancha</b>	190	56,4	144
<b>C. Polonio</b>	211	50,0	141
<b>Diano</b>	181	57,3	139
<b>IPUSA</b>	159	50,0	106



**Figura 5.** Volumen por hectárea (con corteza) de cada procedencia al quinto y séptimo año (la línea horizontal indica el promedio general de la prueba al séptimo año).

Sin embargo, la variación existente entre progenies de una misma procedencia es tan importante como la variación mostrada anteriormente entre progenies de un mismo origen, lo que puede observarse en la Figura 6, donde se presenta la producción de las diferentes progenies de la procedencia Diano. La mejor de las 16 progenies de esta procedencia supera en más de dos veces la producción de la peor progenie (212 y 94 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente). Esta variación en el comportamiento de las progenies de árboles intensamente seleccionados demuestra una vez más la importancia de la evaluación a campo de toda fuente de semilla.



**Figura 6.** Volumen por hectárea (quinto y séptimo año) de cada progenie perteneciente a la procedencia Diano (la línea horizontal indica el promedio general de la prueba al séptimo año).

### Período de evaluación

Teniendo en cuenta las importantes pérdidas que pueden ocasionar diferentes enfermedades y plagas, sería aconsejable esperar los resultados de la evaluación de un ciclo productivo completo antes de determinar la fuente de semillas para plantación a escala comercial. En la práctica sin embargo, por razones de tiempo, la toma de decisiones debe realizarse en base a evaluaciones más tempranas.

Observando las Figuras 1 a 6 puede constatar que en general, tanto los orígenes o procedencias, como las progenies de mayor producción al séptimo año también eran los de mayor producción al quinto año. Para determinar cuan temprano puede elegirse una fuente de semilla se calcularon los coeficientes de correlación entre los valores de diferentes características medidas a distintas edades y la característica objetivo, o sea el valor de volumen por hectárea al séptimo año.

En el Cuadro 8 se observa que tanto la altura como la sobrevivencia medidas al primer año de evaluación tienen coeficientes de correlación bastante bajos, por lo que no son indicadores confiables del potencial productivo de una fuente de semilla. Sin embargo la evaluación al primer año puede ser útil para descartar aquellas fuentes de semilla realmente inadecuadas. Por el contrario, a partir del tercer año todas las características tienen valores moderados o altos de correlación con el volumen por hectárea al séptimo año. En otras palabras, sería posible seleccionar la fuente de semillas más productiva a partir del tercer año de evaluación, principalmente si se utiliza el volumen por hectárea, con buenas probabilidades de que la misma sea la de mayor producción a la edad de corte.

**Cuadro 8.** Coeficientes de correlación fenotípica entre diferentes características y el volumen por hectárea al séptimo año, para las tres pruebas de progenie evaluadas.

<b>Característica (edad)</b>	<b>Prueba A 37</b>	<b>Prueba A 49</b>	<b>Prueba L 51</b>
<b>Altura (1)</b>	0.50	0.64	0.52
<b>Sobrevivencia (1)</b>	0.55	0.51	0.33
<b>Volumen individual (3)</b>	0.74	0.81	0.60
<b>Sobrevivencia (3)</b>	0.77	0.65	0.60
<b>Volumen por hectárea (3)</b>	0.86	0.89	0.77
<b>Volumen individual (5)</b>	0.88	0.80	0.67
<b>Sobrevivencia (5)</b>	0.75	0.83	0.73
<b>Volumen por hectárea (5)</b>	0.97	0.97	0.96

### **Conclusiones**

En la evaluación del ensayo de especies y orígenes se concluyó que *E. globulus* es la especie más productiva en Zona 2. Sin embargo, los resultados obtenidos en ese mismo ensayo, así como en las pruebas de progenie, demuestran que existen grandes diferencias entre fuentes de semilla.

De un modo general, podría concluirse que mediante una intensa selección de árboles en buenas plantaciones comerciales puede obtenerse una adecuada fuente de semillas para plantación en Zona 2. Por otro lado, los resultados obtenidos hasta el momento indican que los orígenes del Estado de Victoria serían los más aptos como fuentes de semilla, en particular el origen Jeeralang, el cual además de su gran productividad presenta buena sanidad y buenas características de madera para pulpa. Fuera del Estado de Victoria existen grandes diferencias entre orígenes (a veces incluso entre orígenes muy cercanos), no existiendo un patrón claro de variación geográfica en cuanto a su comportamiento productivo en Zona 2.

Estas diferencias de comportamiento productivo representan una clara oportunidad para aumentar la producción a nivel comercial mediante la correcta elección de la fuente de semilla a utilizar, aunque demuestran también la necesidad de evaluar toda fuente de semilla antes de ser utilizada a escala comercial.

Sin embargo, aún seleccionando una fuente de semillas de comprobado potencial productivo, la importación de semillas siempre genera incertidumbre en cuanto a su disponibilidad, origen y calidad y, aún más importante, puede ser la vía de entrada de enfermedades aún no presentes en el país. Esto resalta la importancia de utilizar semilla producida localmente, ya sea en Huertos Semilleros o en Areas de Producción de Semillas de un buen origen y adecuadamente manejadas.

### **Referencias bibliográficas**

- Balmelli, G. y Resquin, F. 1999. Evaluación de orígenes de *Eucalyptus globulus* al séptimo año. Serie Técnica 103. INIA. Montevideo. Uruguay. 15p.
- Jones, R.C.; Steane, D.A.; Vaillancourt, R.E. and Potts, B.M. 2001. Molecular affinities of the Jeeralang population of *Eucalyptus globulus*. En: Simposio Internacional IUFRO: Desarrollando el Eucalipto del Futuro. Valdivia, Chile, Setiembre 2001.
- Jordan, G.J.; Potts, B.M.; Kirkpatrick, J.B. and Gardiner, C. 1993. Variation in the *Eucalyptus globulus* complex revisited. Australian Journal of Botany, 41: 763-785.



## 4. EVALUACION DE VARIOS ORIGENES DE *Eucalyptus globulus* PARA LA PRODUCCION DE CELULOSA

Fernando Resquin<sup>5</sup>

### Introducción

El *Eucalyptus globulus* ha sido utilizado en varios países y tal vez sea la especie de *Eucalyptus* mas ampliamente usada. La pulpa de *E. globulus* se caracteriza por ser fácil de blanquear y es empleada en la fabricación de papeles de imprimir, escribir y papeles para pintar. En el proceso Kraft produce mayores rendimientos de pulpa y mejores características mecánicas que en el proceso soda, a pesar de que las diferencias son relativamente pequeñas. La madera se destaca por su bajo tenor de lignina además del alto contenido de pentosanas totales. El tenor de lignina da una idea de la dificultad de deslignificación durante el pulpeo y las pentosanas están relacionadas con las propiedades del papel que dependen del entrelazado de las fibras (Queiroz, 1972). En cuanto a las características de la pulpa, resultados de varios estudios muestran que el *E. globulus* se caracteriza por presentar alto rendimiento de pulpa. Con relación a los valores de resistencia de la pulpa, de acuerdo a los valores medios reportados en la literatura, excepto los valores de índice de rasgado, las propiedades mecánicas correspondientes a *E. globulus* superan a aquellas obtenidas con otras especies de *Eucalyptus*.

Varios estudios con esta especie muestran que existe una sensible variación tanto en las tasas de crecimiento como en las características de pulpeo entre y dentro de orígenes. De acuerdo con Orme (1983), a pesar de las diferencias existentes entre edades, manejo y aspectos ambientales, generalmente ocurre una mayor uniformidad en las propiedades de la pulpa dentro de orígenes que entre los mismos.

Resultados obtenidos por Turner et al. (1983) muestran que la calidad de la pulpa de *E. globulus* varía ampliamente dependiendo del área de origen. Según estos autores, solo una pequeña parte de la variación en las propiedades de la madera puede ser explicada en términos de edad, factores climáticos o geográficos y, por lo tanto se espera que por lo menos una parte de la variabilidad sea heredable y que pueda ser usada en la selección y mejoramiento de las características de la pulpa. Resultados similares también han sido reportados por varios autores mostrando la variación de las características de la madera relacionadas al pulpeo en función del origen (Ferrari & Mughini, 1995, Pereira et al., 1995; Williams et al., 1995).

### Objetivo

El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de la madera y la pulpa de varios orígenes de *E. globulus*, para la producción de celulosa a través del proceso Kraft.

### Materiales y Métodos

El material consistió de siete orígenes de *Eucalyptus globulus* con seis años de edad, pertenecientes a un ensayo de evaluación de orígenes y progenies provenientes de Australia, instalado en la primavera del año 1994 en el departamento de Tacuarembó. Fueron seleccionados los mejores orígenes y, dentro de estos, las mejores progenies, de acuerdo a la última evaluación de crecimiento realizada en el año 2001 (Cuadro 1).

---

<sup>5</sup> Ing. Agr. M.Sc. Programa Nacional Forestal. INIA. Uruguay. nando@inia.org.uy

**Cuadro 1.** Lista de los orígenes evaluados

<b>Código</b>	<b>Localidad</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>	<b>Número de Progenies</b>
16846	Jeeralangs-Yarram. S. VIC	38.24	146.31	225	3
16857	Pepper Hill Road. NE. TAS	41.38	147.51	540	5
16417	N Cape Barren Island. E. Bass	40.22	148.13	20	4
18028	Lake Leake RD Swansea. N. TAS	42.01	147.58	300	5
18032	Geeveston Area. SE. TAS	43.13	146.54	360	5
16470	Moogara. C. TAS	42.47	146.55	500	5
17799	Flinders Island. E. Bass	40.06	148	15	5

VIC: Estado de Victoria; TAS: Isla de Tasmania; E. Bass: Estrecho de Bass.

De cada progenie fueron seleccionados 5 arboles, cuyos DAP eran los más próximos al diámetro promedio de la progenie en todo el ensayo. Los arboles seleccionados fueron apeados y después de medir la altura comercial se cortaron discos de aproximadamente 2.5 cm de altura en la base, 25, 50, 75 y 100% de la altura, considerada a un diámetro mínimo de 6 cm con corteza.

En los discos obtenidos fueron efectuadas las mediciones de diámetro con y sin corteza y posteriormente cortados en cuatro cuñas. Dos de las cuñas opuestas fueron utilizadas para la determinación de la densidad básica: las otras dos cuñas se usaron para determinar, entre otras propiedades, los parámetros del pulpeo.

#### **a) Densidad básica de la madera**

La determinación de la densidad básica fue efectuada en cada uno de los discos a través del método de la balanza hidrostática (Norma ABTCP M 14/70).

#### **b) Composición química de la madera**

La muestra de madera de cada origen fue formada agrupando los chips obtenidos manualmente a partir de las cuñas de las diferentes alturas de todos los árboles de cada una de las progenies. Estos chips fueron transformados en aserrín en un molino Wiley. Posteriormente, el aserrín fue clasificado con una malla 40/60.

Fueron realizados los siguientes análisis:

Lignina Klason TAPPI T 13 wd-74  
Extractivos totales TAPPI T 12 wd-82

#### **c) Cocimiento Kraft**

Las muestras de madera de cada origen fueron tomadas de la misma muestra compuesta que fue descrita en el ítem anterior. Los cocimientos fueron realizados en un digestor rotativo, con 8 cápsulas de 500 mL de capacidad. Las condiciones de deslignificación fueron las siguientes:

Alcali activo base madera seca, % = 15 como Na<sub>2</sub>O  
Sulfidez del licor, % = 25  
Temperatura máxima, °C = 170  
Tiempo hasta la máxima temperatura, min = 90

Tiempo a la máxima temperatura, min = 45  
Relación licor/madera, L/kg s.e. = 4/1

En cada cocimiento se determino el rendimiento depurado, tenor de rechazos y número Kappa (TAPPI T 236 om-85).

Con el peso de la pulpa obtenida de los cocimientos y el contenido de agua de la misma fue determinado el rendimiento bruto de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{RENDIMIENTO BRUTO (\%)} = \frac{\text{PESO DE LA PULPA BRUTA} * \% \text{ SECO DE LA PULPA} * 100}{\text{Peso seco de la madera}}$$

El rendimiento depurado (pasando la pulpa bruta por un clasificador de fibras) fue calculado como:

$$\text{RENDIMIENTO DEPURADO (\%)} = \frac{\text{PESO DE LA PULPA SECA} - \text{PESO SECO DE LOS RECHAZOS} * 100}{\text{Peso seco de la madera}}$$

El rechazo fue calculado como la relación entre el peso seco de los rechazos en relación al peso seco de la madera usada en el cocimiento. Por rechazo se entiende a parte de la pulpa que no fue lo suficientemente deslignificada y que en consecuencia no sufrió una adecuada individualización de las fibras durante el proceso de cocción. Los rechazos son originados básicamente por la presencia de nudos en la madera y por chips de un tamaño mayor al óptimo para la penetración del licor de cocimiento en la madera. Este “agregado” de fibras posee un elevador tenor de lignina además de que impide la formación de una hoja de papel con el grado de uniformidad requerido.

#### **d) Propiedades físico-mecánicas de las pulpas**

Las pulpas de cada origen, resultantes de la mezcla de la pulpa de las progenies, fueron refinadas en un molino centrífugo Jokro Mühle, 150rpm, utilizando 16g por muestra, con una consistencia de 6%, en los niveles 9000, 15000 y 18000 revoluciones. El grado de refinado fue evaluado a través de la determinación del grado Schopper-Riegler. Las hojas para los ensayos físico-mecánicos, con gramaje aproximado de 60g/m<sup>2</sup>, fueron formadas en un equipo tipo Köthen rapid y acondicionadas en ambiente climatizado, con condiciones de 50 ± 2% de humedad relativa y temperatura de 23 ± 2°C (TAPPI T 402 om-93). Las propiedades físico-mecánicas evaluadas fueron las siguientes:

Peso específico aparente (TAPPI T 220 sp-96)  
Volumen específico aparente (TAPPI T 220 sp-96)  
Índice de rasgado (TAPPI T 414 om-98)  
Índice de estallido (TAPPI T 403 om-97)  
Índice de tracción (TAPPI T 494 om-96)

Para todas las características se realizó el análisis de varianza mediante el test F y la comparación de medias fue realizada con el test LSMEANS. Para ambos análisis se considero un nivel de significación de 5%.

## Resultados y Discusión

### 1. Densidad básica

La Figura 1 muestra los valores de densidad básica media de los orígenes evaluados. Se observa que todos los valores se encuentran en el intervalo de datos registrados en la literatura para esta especie (Borrvalho et al., 1992; Kibblewhite et al., 2000). A su vez, estos valores pueden ser considerados como interesantes debido a que están dentro del rango recomendado de valores de densidad básica (0,45 a 0,65 g/cm<sup>3</sup>), para la producción de celulosa (Wehr, 1991; Fonseca et al., 1996; Kramer, 1998). De acuerdo con estos autores, maderas con estos valores de densidad básica pueden ser deslignificadas con relativa facilidad debido a la buena penetración del licor, tienen baja proporción de vasos grandes o tenor de parénquima, son de fácil picado, lo que resulta en bajos tenores de rechazos además de producir papeles con altos valores de resistencias.

El análisis de la varianza detecta que existen diferencias significativas entre los orígenes mostrando que los número 16846, 17799 y 18028 presentan valores similares (0,535; 0,521 y 0,527 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente) y superiores a los orígenes 16417, 16857, 16470 y 18032 (0,514; 0,513; 0,513 y 0,511 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente). En este sentido, los orígenes con mayor densidad, son de la región sur del estado de Victoria (origen 16846), de la región noreste de Tasmania (origen 18028) y de la región del estrecho de Bass (origen 17799).

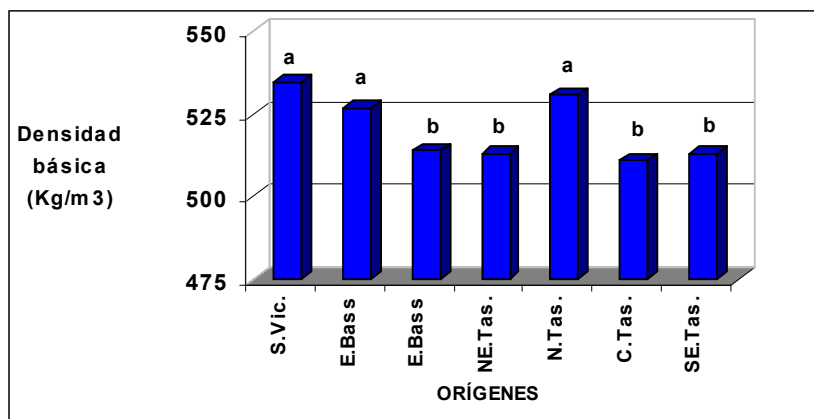


Figura 1. Densidad básica media de los orígenes de *E. globulus*

### 2. Composición química

En el Cuadro 2 son presentados los valores del tenor lignina y extractivos totales para cada uno de los orígenes. El análisis de la varianza no detecta diferencias significativas entre los orígenes para ninguna de las características consideradas. Los tenores de lignina total varían de 21,5 a 23,7%, encontrándose dentro de lo esperado en esta especie la cual se caracteriza por poseer un bajo contenido de lignina comparada con otras especies de *Eucalyptus*. La lignina como segundo componente de la madera desde el punto de vista cuantitativo, representa un compuesto indeseable para la producción de celulosa química. Durante los procesos de cocimiento y blanqueo el objetivo es removerla causando el menor daño posible a las fibras. Para que puedan ser obtenidas las características exigidas para una pulpa química, es necesario que sea removida gran parte de la lignina existente en la madera.

**Cuadro 2.** Tenores de lignina total y extractivos totales de los orígenes de *E. globulus*

	ORIGENES						
	16846	17799	16417	16857	18028	16470	18032
Lignina (%)	22,3	21,5	22,0	22,5	22,3	23,7	22,7
Extractivos totales (%)	4,6	4,8	3,8	4,7	4,6	4,8	4,2

De acuerdo con los valores obtenidos es de esperar que en general las maderas que contienen los menores tenores de lignina sean más fácilmente deslignificadas durante el cocimiento y que consuman menor cantidad de reactivos en el blanqueo. Si el contenido de lignina en la madera fuera elevado (encima de 25%) solo sería posible una deslignificación con un inevitable deterioro y pérdida de material celulósico. Para mantener el rendimiento en un nivel aceptable es necesario tolerar un exceso de lignina en la pulpa, que se va a reflejar en la dificultad del blanqueo.

El tenor de extractivos totales de los orígenes varió de 3.8 a 4.8%. La madera generalmente contiene pequeñas cantidades de varias sustancias que son llamadas “extractivos”. Los ácidos grasos, resinas, ceras, terpenos y compuestos fenólicos son algunos de los grupos que componen los extractivos. Los extractivos pueden ejercer varios tipos de influencia en la fabricación de pulpas celulósica y de papel, entre las cuales se destacan: reducción del rendimiento, aumento del consumo de reactivos, inhibición de las reacciones de pulpeo y corrosión de los equipamientos. En este caso, los valores de extractivos están dentro de lo esperado para el género *Eucalyptus*, por lo que no se espera que puedan tener alguna influencia negativa sobre los parámetros de la deslignificación de los orígenes evaluados.

### **c) Cocimientos Kraft**

En el Cuadro 3 son presentados los valores de rendimiento depurado, número Kappa, relación rendimiento/número Kappa y el tenor de rechazo para todas los orígenes evaluados. A pesar de que el análisis de varianza no muestra la existencia de diferencias significativas entre orígenes para las tres características consideradas, pueden destacarse algunas tendencias observadas. Considerando los parámetros de la composición química de la madera, se observa que los orígenes que tienen los mayores valores de rendimiento depurado tienden a presentar los menores tenores de lignina en la madera. Esto estaría provocando una deslignificación más fácil de esos orígenes que aquellos con altos tenores de lignina. Los orígenes 16470 y 18032, son los que presentan los menores valores de rendimiento depurado al mismo tiempo que son los que tienen los mayores tenores de lignina. A su vez los orígenes 16846, 16417 y 16857, que son los de mejores rendimientos, poseen bajos tenores de lignina. De los resultados obtenidos, no se observa ninguna relación entre el tenor de lignina y el número Kappa de la misma forma que entre el rendimiento depurado y el número Kappa. Debido a que los valores de rendimiento depurado no muestran prácticamente ninguna relación con los valores de número Kappa de los orígenes, se calculó la relación entre estos dos parámetros de forma de comparar los orígenes con diferentes números kappa. Esta relación permite tener una idea de la eficiencia de la deslignificación en la medida de que cuanto mayor sea el valor obtenido más cantidad de pulpa es obtenida a un mismo tenor de lignina residual.

Esta relación indica que los orígenes 17799, 16417, 16857 y 18032 son los que muestran el mayor grado de deslignificación. Esta diferente facilidad de impregnación y difusión del licor probablemente puede estar influenciada por las eventuales diferencias en la porosidad de la madera de los diferentes orígenes

asociada a los diferentes valores del diámetro del lumen y el ancho de la pared de las fibras lo cual esta íntimamente ligado a la densidad básica.

Los valores de rechazos indican que el proceso de deslignificación no tuvo limitantes en cuanto a las cantidad de reactivos ni a las variables de cocimiento. En ese sentido se espera que en procesos bien controlados el tenor de lignina este próximo al 0,5% a pesar de que en condiciones industriales se admiten valores hasta 1 o 2%.

**Cuadro 3.** Valores de rendimiento depurado, número Kappa, tenor de rechazos y relación rendimiento/Kappa de los orígenes de *E. globulus*.

	ORÍGENES						
	16846	17799	16417	16857	18028	16470	18032
Rendimiento depurado (%)	51	50	51	51	50	48	49
Número Kappa	20	18	18	19	21	20	17
Tenor de rechazos (%)	0,6	0,4	0,4	0,4	0,7	0,5	0,3
Relación Rend/Kappa	2,6	2,7	2,8	2,7	2,4	2,4	2,9

De los valores de correlación estimados a partir de los resultados de las progenies, se observa que no existe relación entre los valores de densidad básica con ninguno de los parámetros de la deslignificación ni de la composición química de la madera. Los valores obtenidos son presentados en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Valores de correlación de la densidad básica con parámetros de la deslignificación y composición química.

	Rendimiento depurado	Tenor de rechazos	Número Kappa	Tenor de lignina total	Tenor de extractivos totales
Densidad básica	0,25ns	0,14ns	0,33ns	0,16ns	-0.04ns

Nota: ns - no significativo

A través de los resultados obtenidos puede afirmarse que para las condiciones de esta evaluación, la densidad básica no es un buen indicador de la composición química de la madera ni del comportamiento de los distintos orígenes durante el proceso de delignificación. Por otro lado, concordando con varios resultados presentados en la literatura, se observa que el contenido de lignina de la madera es un buen predictor de las características del pulpeo. En ese sentido, el valor de correlación estimado (con los valores medios de cada origen) entre el contenido de lignina y el rendimiento depurado fue  $r = -0.7$ .

#### d) Propiedades físicas y mecánicas de las pulpas

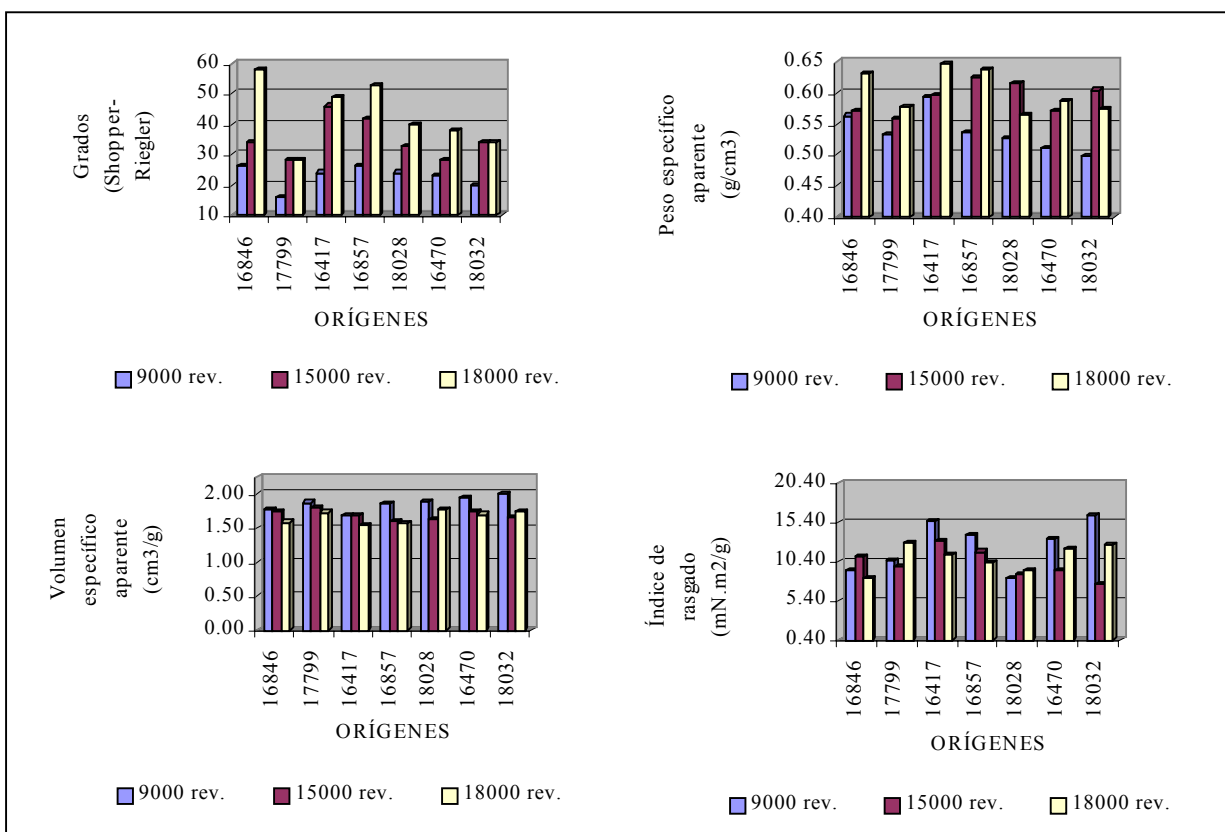
La Figura 2 muestra los valores del grado Schopper-Riegler, peso específico aparente, volumen específico aparente y el índice de tracción en función del número de revoluciones, para cada origen. El grado Schopper-Riegler es un indicador del grado de refinado que posee una pulpa o dicho de otra manera del grado de entrelazado que han sufrido las fibras durante el proceso de refinado. El refinado de la pulpa es un tratamiento mecánico de las fibras que permite desarrollar en forma óptima las propiedades del papel. El



refino incrementa la resistencia de la unión entre fibras a través del aumento del área superficial de las fibras provocando un entrelazado de las mismas y en consecuencia una buena formación del papel. La pulpa deberá ser refinada hasta lograr un equilibrio entre las características que mejoran con el refino (lisura, resistencia a la tracción, estallido, etc) y las que empeoran con el mismo (opacidad, rasgado, volumen, permeabilidad, etc.). El análisis comparativo de los grados Schopper Riegler muestra comportamientos diferentes en el refino debido a que algunos orígenes refinaron más rápido que otros. Los orígenes 16846, 16417 y 16857 refinaron mas rápidamente que los demás. El origen 17799 fue el más difícil de ser refinado, mientras que los orígenes 18028, 16470, 18032 tuvieron una facilidad de refino intermedia. Esta diferente facilidad en el refino se traduce en diferentes costos de energía para lograr un mismo grado de “entrelazado” de las fibras.

El volumen específico aparente, también llamado bulk, da una indicación del cuerpo del papel. Es una propiedad directamente relacionada con las dimensiones transversales de las fibras. Las pulpas de los orígenes 18028, 16470 y 18032 presentaron los valores mas bajos de peso específico aparente (pulpas mas voluminosas). En general los valores típicos de volumen específico varían de 2 cm<sup>3</sup>/g para papeles voluminosos a 1,3 para cm<sup>3</sup>/g para papeles compactos. Algunos papeles tal como el papel satinado tienen valores de volumen específico de 1 cm<sup>3</sup>/g o más. Teniendo en cuenta que la celulosa tiene un volumen específico de aproximadamente 0,64 cm<sup>3</sup>/g, estos valores dan una idea de los espacios vacíos ocupados por aire de la estructura de una hoja de papel. Si el volumen específico es alto, es de esperar que el papel tenga una alta resistencia al rasgado, asociado a bajos valores de resistencia al estallido y tracción. El volumen específico aparente es lo inverso del peso específico aparente. Este ultimo es un indicador del grado de contacto entre las superficie de las fibras. Si el valor es 1 g/cm<sup>3</sup>, como en el caso de papeles impermeables, implica que todas las superficies externas de las fibras están ligadas.

La resistencia al rasgado mide el trabajo total necesario para el rasgado completo del papel, a una distancia fija, después que el rasgado ha sido iniciado por medio de una cuchilla existente en el equipo. Es importante en papel que durante su utilización son sometidos a la fuerza de rasgado tal como el papel para bolsas de cemento, embalajes, tissue, periódico, escribir, etc. Con relación a los valores del índice de rasgado se puede decir que los mismos están próximos a los citados en la literatura para esta especie (Valente, et al. 1992; Van Wyk & Gerischer, 1994; Willimas et al., 1995). Para los tres niveles de revoluciones, en promedio, los valores mas altos de resistencia al rasgado fueron obtenidos con los orígenes 16417, 16857, 16470 y 18032. Estos valores de resistencia no serian limitantes para varios de los tipos de papel de imprimir y escribir como los papeles de periódico, offset, sobres, guías de teléfono pero no serian lo suficientemente altos para papeles con mayores requerimientos de resistencia como algunos papeles de embalaje como el papel manila, para sacos o papel membretado.



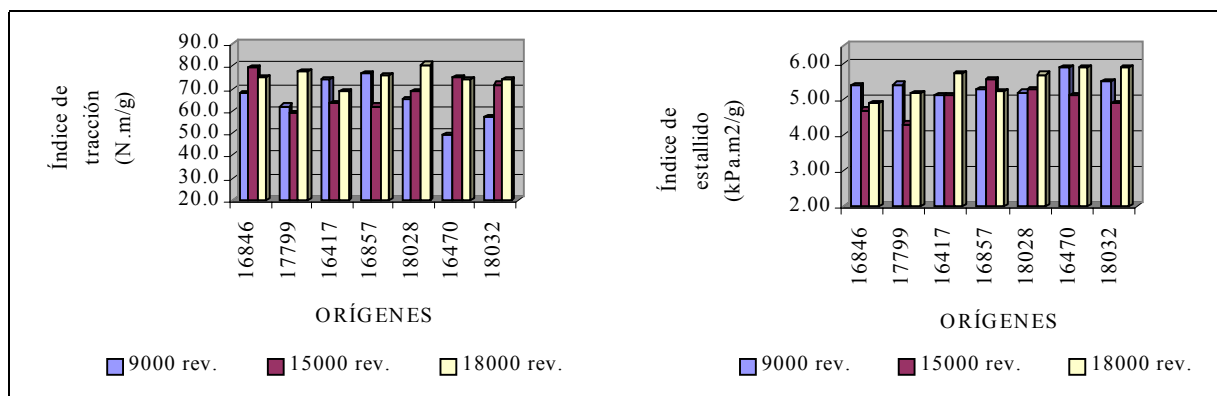
**Figura 2.** Resultados de las propiedades físico-mecánicas de pulpas de los orígenes de *E. globulus*.

La Figura 3 presenta los valores de índice de estallido e índice de tracción de los orígenes evaluados. La resistencia al estallido es definida como la presión necesaria para producir el estallido del material al aplicar una presión uniformemente creciente transmitida por medio de un diafragma elástico de área circular. Este ensayo es útil especialmente para determinados tipos de papel de embalaje, como el Kraft para bolsas de cemento, los cuales están expuestos a este esfuerzo de la misma forma que los papeles tipo cartón para la confección de cajas. Se observa que todos los orígenes presentaron valores muy próximos tanto para 9000 como para 18000 revoluciones. Estos valores cumplen con los requerimientos de la casi totalidad de los papeles para embalajes y de los papeles para impresión y escritura.

La resistencia a la tracción es determinada sometiendo una hoja a un esfuerzo de tracción uniformemente creciente hasta su ruptura. La resistencia a la tracción está relacionada con la durabilidad y utilidad de un papel para embalaje y otros usos también sujetos a fuerzas de tensión directa. En el caso de papeles de impresión, esta resistencia indica la posibilidad de ruptura cuando son sujetos a la fuerza ejercida por la máquina durante el proceso de impresión. Los índices de tracción de las pulpas de todos los orígenes están bastante próximos a los reportados por varios autores, en condiciones similares a las de este experimento (Valente, et al. 1992; Van Wyk & Gerischer, 1994). En términos generales, los orígenes 16846, 16417, 16857 y 18028 mostraron los valores más altos de tracción. Los orígenes 16470 y 18032, como en el caso del peso específico, fueron los que mostraron las mayores diferencias en el valor de resistencia a la tracción al pasar de 9000 para 18000 revoluciones. Los valores obtenidos por todos los orígenes indican que podrían ser producidos la mayoría de los papeles de impresión y de embalaje a excepción de algún tipo de papel para la confección de sobres.

La tendencia de los tres parámetros analizados (rasgado, tracción y estallido) muestra, del mismo modo que para el grado Shopper-Riegler y peso específico, que cada uno de los orígenes tiene una respuesta

diferente dependiendo del tiempo de refino. Por lo tanto, el mejor resultado de cada una de los orígenes evaluados está en función del tiempo de refino usado.



**Figura 3.** Resultados de las propiedades físico-mecánicas de pulpas de los orígenes de *E. globulus*

## Conclusiones

Considerando la densidad básica y el rendimiento depurado los mejores resultados fueron obtenidos por los orígenes 16846 (Jeeralangs-Yarram), 17799 y 16417 (islas Flinders y Cape Barren).

Los orígenes 16417 (N. Cape Barren Island) y 16857 (Pepper Hill) mostraron la mejor performance en términos de facilidad de refino y de resistencias de la pulpa.

El tenor de lignina se presenta como un buen indicador del rendimiento depurado a ser obtenido.

La densidad básica de la madera no muestra ninguna correlación con los parámetros de la deslignificación.

## Literatura consultada

- Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABTCP). 1974. Métodos de ensaio. São Paulo, v1.
- Borralho, N.M.G.; Kanowski, P.J.; Cotterill, P.P. 1992. Genetic control of growth of *Eucalyptus globulus* in Portugal: 1 - genetic and phenotypic parameters. *Silvae Genetica*, v.41, n.1, p.39-45.
- Ferrari, G.; Mughini, G. 1995. Variation of growth and wood quality traits in provenances of some *Eucalyptus* species in Italy. In: Potts, B.M.; Borralho, N.M.G.; Reid, J.B.; Cromer, R.N.; Tibbits, W.N.; Raymond, C.A. *Eucalypt Plantations: Improving Fibre Yield and Quality*. Hobart, 1995. Proceedings. Sandy Bay: CRCTHF/IUFRO, v.1, p.35-9.
- Fonseca, S.M.; Oliveira, R.C.; Silveira, P.N. 1996. Seleção da árvore industrial (Procedimentos, riscos, custos e benefícios). *Revista Árvore*, v.20, n.1, p.69-85.
- Kibblewhite, R.P.; Johnson, B.I.; Shelbourne, C.J.A. 2000. Kraft pulp qualities os *Eucalyptus nitens*, *E. globulus*, and *E. maidenii*, at ages 8 and 11 year. *New Zealand Journal of Forestry Science*, v.30, n.3, p.447-57.

- Kramer, J.D. 1998. Pulping Eucalypts: A Review. In: Congresso Anual de Celulose e Papel, São Paulo, p.615-629.
- Orme, R.K. 1983. Progress with *E. globulus* provenance research. *Silvicultura*, v.8, n.31, p.483-6.
- Pereira, H.; Almeida, M.H.; Tome, M.; Pereira, J.S. 1995. *Eucalyptus globulus* plantations: genetic, silvicultural and environmental control of fibre yield and quality. In: Potts, B.M.; Borralho, N.M.G.; Reid, J.B.; Cromer, R.N.; Tibbits, W.N.; Raymond, C.A. Eucalypt Plantations: Improving Fibre Yield and Quality. Hobart, 1995. Proceedings. Sandy Bay: CRCTHF/IUFRO. v.1, p.46-48.
- Queiroz, M.G. 1972. Comportamiento de Várias Espécies de Eucalípto en la Obtención de Pastas Sulfato, *Investigación y Técnica del Papel*, v.9, n.33, p.6914-703.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 1999. 1998-1999 TAPPI Test Methods. Atlanta. CD-ROM.
- Turner, C.H.; Balodis, V.; Dean, G.H. 1983. Variability in pulping quality of *E. globulus* from Tasmanian provenances. *Appita*, v.36, n.5, p.371-376.
- Van Wyk, W.J.; Gerischer, G.F.R. 1994 Pulping Characteristics of Eucalyptus Provenance Trials Grown in the Western Cape Part 1: Comparison between species, *South African Forestry Journal*, v.170, p.1-5.
- Valente, C.A.; Mendes de Souza, A.P.; Furtado, F.P.; Carvalho, A.P. 1993. O programa de melhoramento do *Eucalyptus globulus* na Portucel: a vertente tecnológica. *Estudos I & D*, v.3, p.37- 45.
- Wehr, T.R. 1991. Variações nas características da madeira de *Eucalyptus grandis* e suas influencias na qualidade de cavacos em cozimentos kraft. Piracicaba: ESALQ, 98p. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de Sao Paulo.
- Williams, M.D.; Beadle, C.L.; Turnbull, C.R.A.; Dean, G.H.; French, J. 1995. Papermaking potential of plantation eucalypts. In: Potts, B.M.; Borralho, N.M.G.; Reid, J.B.; Cromer, R.N.; Tibbits, W.N.; Raymond, C.A. Eucalypt Plantations: Improving Fibre Yield and Quality. Hobart, 1995. Proceedings. Sandy Bay: CRCTHF/IUFRO. v.1, p.73-8.

## II. LA ESTRATEGIA DE MEJORA EN *Eucalyptus globulus* DE EUFORES

Gabriel Algorta<sup>6</sup>

### Antecedentes

En 1982, ENCE inició las primeras acciones de Investigación Forestal con la selección árboles superiores de *E. globulus* en las masas de Huelva, que junto con la reproducción “in-vitro” de la especie, cubrieron las actividades de este campo hasta 1988. De esta primera etapa se obtuvieron los primeros clones resistentes a la sequía en el S.O. español. Posteriormente, en 1989, se pusieron en marcha nuevos proyectos tanto en el noroeste como en el suroeste español, encaminados a la obtención de planta genéticamente mejorada del género *Eucalyptus*, y muy especialmente *Eucalyptus globulus*, adaptada a las condiciones ecológicas del Norte y Suroeste de España, con sus propios factores limitantes. Se incrementó la base genética de las especies ensayadas con la instalación de diversas parcelas de especies y procedencias de *Eucalyptus* y de procedencias y familias de *E. globulus*. En este mismo año se inician los proyectos de investigación en el Norte de España. En 1996, se iniciaron los trabajos de investigación en Uruguay, iniciando el programa de selección fenotípica de árboles superiores en las masas forestales de la empresa en el litoral y los trabajos de propagación vegetativa en el vivero de Fray Bentos, además de la instalación de una red de ensayos de procedencias y familias del género, fertilización y de laboreos de suelo.

Todo ello dio origen al Plan ENCE de Innovación y Mejora Forestal donde se refleja la estrategia de Mejora Genética y Selvícola del Género *Eucalyptus*, así como, los hitos y desarrollo de cada uno de los proyectos encaminados a la obtención de planta mejorada genéticamente.

Como toda planificación de un trabajo ésta no es estática sino dinámica y versátil respetando siempre las directrices básicas de ejecución y desarrollo del mismo. El Programa de Mejora Genética del Género *Eucalyptus* define y desarrolla una serie de proyectos encaminados a la mejora continua del género. Los resultados o logros de algunos de estos dan origen a la creación de nuevos proyectos que se suman a los ya definidos. Algunos de estos proyectos se dan por concluidos, en otros se han introducido modificaciones, como en el caso de los modelos matemáticos establecidos que debido al desarrollo tecnológico de los ordenadores y la aparición de nuevas técnicas de computación de datos proporcionan resultados más precisos.

Los principales logros obtenidos hasta el momento pueden resumirse en:

- Más de 800 árboles plus seleccionados en Huelva
- Más de 150 árboles plus seleccionados en Galicia
- Más de 100 árboles plus seleccionados en Uruguay
- Desarrollo de tecnología propia de reproducción clonal de *Eucalyptus globulus* a escala comercial
- Producción clonal de *E. globulus* en el Suroeste de España: más 2.000.000 plantas/año
- Producción clonal de *E. globulus* en Uruguay: más 500.000 plantas/año
- Más de 12.000 ha de plantaciones clonales en el S.O.
- Incremento del 30% de la producción forestal en el S.O. con el nuevo material genético.
- Incremento del 12% de la producción forestal en el S.O. gracias a la mejora silvícola (acumulable al logro con la mejora genética)
- Desarrollo de tecnología propia de reproducción in vitro, a partir de explantos nodales de *Eucalyptus globulus*.
- Desarrollo de la tecnología de embriogénesis somática

---

<sup>6</sup> Bachiller. Departamento de Investigación y Desarrollo de EUFORES.

- Aplicación de la tecnología de marcadores moleculares que permiten asegurar los pasos de la mejora de múltiples caracteres y determinar la variabilidad genética de la especie
- Cerca de 250 ha de parcelas de ensayos genéticos repartidas por el N. y el S. O. Español.
- Mecanización de preparación de suelos
- Mejora de las técnicas de implantación de masas
- Mejora de las técnicas selvícolas de las masas de eucaliptos.
- Desarrollo de un plan de lucha biológica
- Mecanización de los aprovechamientos forestales
- Desarrollo de técnicas de evaluación de indicadores de Gestión Sostenible

## **Programa de mejoramiento genético**

### **Objetivo**

El Programa de Mejora Genética del Género *Eucalyptus* cuyo objetivo para cada Zona de Mejora y de acuerdo con sus características climáticas y edáficas es aumentar la producción de materia prima industrial por unidad de superficie, en términos cuantitativos y cualitativos (mayor crecimiento volumétrico, mayor densidad básica de la madera, mayor contenido en celulosa, mejores características técnicas de la madera y resistencia a factores limitantes específicos de cada Zona de Mejora), en los montes de eucaliptos situados en las zonas de influencia de ENCE y mantener al mismo tiempo una reserva de genes con una amplia variación genética que sirva de soporte de las poblaciones mejoradas futuras y actuales.

La estrategia de mejora genética se articula en dos vías de actuación. Una vía rápida que implica la selección y clonación y evaluación de árboles superiores y el cruzamiento controlado entre los mejores individuos para producir progenies y así poder realizar un nuevo ciclo de selección recurrente, donde prima la maximización de las ganancias genéticas por unidad de tiempo y una vía más lenta que parte de una base genética mucho más amplia, con ciclos de selección recurrente, donde se utiliza la polinización abierta como sistema de cruzamiento para pasar a la siguiente generación y procesos de selección menos intensos, intentando mantener una amplia variabilidad genética.

### **Selección**

Se seleccionan los árboles fenotípicamente superiores que destacan por su volumen maderable, densidad básica, rectitud y limpieza del fuste, poda natural, espesor de corteza, porcentaje de copa y en perfecto estado sanitario. La selección comienza cuando las masas tienen 4 años de edad y en algunos casos a turno final, esta selección se realizó en predios pertenecientes a la empresa EUFORES.

La selección se basa en la comparación del árbol candidato dentro de una masa monoespecífica y coetánea, frente a cuatro testigos elegidos entre los mejores dentro de un círculo de 20 m de radio.

Las variables a comparar son: diámetro, excentricidad, altura total, ángulo de inserción de la primera rama viva, porcentaje de copa, porcentaje de corteza, coeficiente mórfo y resistencia a la penetración.

Se hace mucho hincapié en el tema sanitario como un indicador de la adaptación de las subespecies, de modo que un árbol por más superior que sea si posee algún signo de enfermedad o ataque se lo descarta.

### **Procedimiento**

Los diámetros normales se miden sobre cada uno de los testigos y candidatos en mm., y en cruz. El primero de ellos por la parte superior de la pendiente y el segundo a la misma altura que el anterior y perpendicular al mismo.

La altura total se mide con Blume-Leiss o Vertex, desde la base del tronco, por la parte superior de la pendiente del terreno hasta la parte más alta de la copa.

La altura de la 1° rama viva, se mide desde la base del árbol, su diámetro en las proximidades de la inserción con el tronco, con forcípula finlandesa y el ángulo de inserción de “visus” con la siguiente escala: 30°, 45°, 60° y 90°.

El espesor de la corteza se mide con un calibrador de corteza, introduciéndolo a la altura de 1.30 m en dos posiciones opuestas 180°.

La penetración se mide con penetrómetro Pilodyn, siguiendo las instrucciones del aparato, a 1,30 m de altura y en dos posiciones opuestas del tronco 180°.

Una de las medidas usadas para la determinación del coeficiente mórfico, es el diámetro a 4 m de altura del suelo, que se mide en mm y por el lado superior de la pendiente del terreno con forcípula finlandesa.

### **Normas para la selección de árboles plus**

**1° Diámetro normal medio.-** Se obtendrá por la semisuma de los diámetros normales medios en cada árbol. El porcentaje de superioridad se obtendrá de la siguiente manera:

$$\% S_{\text{DIAMETRO}} = (D_{\text{árbol candidato}} - d_{\text{medios testigos}}) * 100 / d_{\text{medio testigo}}$$

**2° Excentricidad.-** Se obtendrá dividiendo el diámetro normal menor, de los medios en cada árbol, por el mayor. El porcentaje de superioridad se determinará de forma similar a la descrita anteriormente, es decir:

$$\% S_{\text{EXCENTRICIDAD}} = (E_{\text{candidato}} - E_{\text{media testigos}}) * 100 / E_{\text{medida testigos}}$$

**3° Altura total.-** El dato a emplear será directamente obtenido de las mediciones en el monte. El porcentaje de superioridad se determinará de la misma forma de los casos anteriores, es decir:

$$\% S_{\text{altura}} = (A_{\text{árbol candidato}} - A_{\text{medida testigos}}) * 100 / A_{\text{medida testigos}}$$

**4° Angulo de inserción de la primera rama viva.-** El dato a emplear será directamente obtenido de las mediciones en el monte. El porcentaje de superioridad se determinará de la siguiente forma:

$$\% S_{A \ 1^{\circ} \text{RAMA}} = (ANG_{\text{árbol candidato}} - ANG_{\text{medio testigos}}) * 100 / ANG_{\text{medio testigos}}$$

**5° Porcentaje de copa.-** Hay que utilizar los datos de Altura total y altura de la primera rama viva, obtenidos en las mediciones del monte. Calculando el porcentaje de la copa de la siguiente forma:

$$\% \text{Copa} = (ALT_{\text{total}} - ALT_{1 \text{ rama}}) * 100 / ALT_{\text{total}}$$

Y el porcentaje de superioridad, será:

$$\% S_{\text{COPA}} = (\% \text{Copa}_{\text{media testigos}} - \% \text{Copa}_{\text{árbol candidato}}) * 100 / \% \text{Copa}_{\text{medio testigos}}$$

**6° Porcentaje de corteza.-** Se calculará en base al diámetro normal y espesor de corteza obtenidos de la medición directa en el monte, calculando el porcentaje de superficie normal sin corteza referido al área normal con corteza, mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{Corteza} = 4_e(D-e) * 100 / D^2$$

Donde e = espesor de corteza en mm y D = diámetro normal con corteza en mm.

La superioridad será:

$$\% S_{\text{CORTEZA}} = (\% \text{ Corteza}_{\text{media testigos}} - \% \text{ Corteza}_{\text{árbol candidato}}) * 100 / \% \text{ Corteza}_{\text{media testigos}}$$

**7° coeficiente de forma o mórfico.-** El dato de base se obtendrá de dividir el diámetro medio a la altura de 4 metros por el diámetro a 1,30 m. La superioridad será:

$$\% S_{\text{FORMA}} = (CF_{\text{árbol candidato}} - CF_{\text{medio testigos}}) * 100 / CF_{\text{medio testigos}}$$

**8° Penetración.-** El dato de base para cada árbol será la medida los obtenidos por medición en el monte. Como el interés de la selección es elegir árboles de mayor densidad básica, por tanto la superioridad será:

$$\% S_{\text{PENETRACIÓN}} = (P_{\text{media testigos}} - P_{\text{árbol candidato}}) * 100 / P_{\text{media testigos}}$$

Para que un árbol candidato sea seleccionado como árbol superior deberá cumplir con alguno de los siguientes requisitos:

- a.- Ausencia absoluta de cualquier síntoma que delate cualquier tipo de enfermedad, ataque de hongos, insectos o sufrir cualquier tipo de estrés. En caso de que ocurra el árbol candidato será excluido de la selección, aún cuando otros caracteres muestren una superioridad extraordinaria.
- b.- Cuando para todos y cada uno de los caracteres evaluados se manifieste una superioridad de al menos el 5 %.
- c.- Cuando en al menos uno de los caracteres evaluados, el árbol candidato supere en un 50 % a la medida de los testigos y en el resto no se produzcan detrimentos significativos.
- d.- En aquellos casos en el que el seleccionador considere algún carácter del árbol candidato como muy sobresaliente y que no sea posible su evaluación con testigos próximo, debido a su aislamiento, diferente edad, localización privilegiada, etc., debiendo justificarse la selección de dichos ARBOLES SINGULARES de forma suficiente.
- e.- Además de haber cumplido con alguno de los requisitos anteriores, deberá de satisfacer el coeficiente de superioridad  $C_{SP}$ , que consiste en la suma de los productos de los porcentajes de superioridad multiplicado por un coeficiente de ponderación para cada uno de ellos. El árbol candidato debe igualar o superar un  $C_{SP}$  de 62.5.

$$C_{SP} = 0,5 * \% S_{\text{A. IRAMA}} + \% S_{\text{EXC.}} + \% S_{\text{COPA}} + 2 * (\% S_{\text{DIAM.}} + \% S_{\text{ALT.}} + S_{\text{CORT.}} + \% S_{\text{FORMA}} + \% S_{\text{PEN.}}) > 62.5$$

### **Multiplicación clonal**

En el periodo comprendido entre 1996 y 2001 se seleccionaron 175 árboles plus en una superficie total de 15.000 hectáreas, además de los clones uruguayos integran el parque de pie madre 6 clones de Huelva. De toda la superficie plantada el 80 % es de *E. globulus* y *E. maidenii* lo que nos da una superficie real de selección de 12000 hectáreas.

Aproximadamente el 60% de los clones en estudio son *E. globulus* y el 40% son *E. maidenii*.

De la actividad surge que se seleccionó un árbol plus cada 68 hectáreas.



### Numero de árboles seleccionados por año:

Año	N° de ABOLES
1996	43
1997	38
1998	14
1999	11
2000	39
2001	30
TOTAL	175

### Técnica de macropropagación

Las técnicas de macropropagación utilizadas en Uruguay son básicamente las mismas que en España o sea, comienza con la corta de los árboles plus, luego se recogen los brotes de las cepas y se obtienen las primeras estaquillas que serán enraizadas en el invernadero en condiciones controladas de humedad y temperatura, estas estaquillas de brotes de cepa una vez enraizadas darán origen a los primeros pie madres.

Los pie madre se plantan en macetas de 10 litros y se los fertiliza semanalmente con 4:1:1 y se los poda severamente estimulando el desarrollo de brotes jóvenes y vigorosos, características fundamentales para un buen enraizamiento.

En invierno se cubre el parque de pie madre con nylon de modo que no disminuya tanto la producción de estaquillas.

Las estaquillas se cortan dejando dos pares de hojas y reduciendo la superficie foliar a la mitad, evitando así el exceso de transpiración y problemas sanitarios.

Las estaquillas se sumergen en fungicida (benlate al 1 g/l) y se pinchan en tubetes de 120 cm cúbicos con corteza de pino compostada como sustrato y fertilizante Osmocote de liberación lenta de 3/4 meses de duración de composición 15-9-12. El tiempo que tardan en enraizar es aprox 4-5 semanas en verano y 5-7 en invierno, luego pasan a una fase de aclimatación y por último a cancha de crianza.

Las condiciones ambientales del invernadero son controladas en humedad y temperatura, en verano se refrigera mediante el pasaje de aire por una pared saturada en agua y en invierno se calefacciona con una estufa de gas-oil.

### Ensayos realizados

Los ensayos realizados hasta el momento son referentes a determinar el porcentaje de enraizamiento para poder descartar aquellos clones con pobre enraizamiento (carácter genético muy difícil de encontrar en *E. globulus*) de la producción comercial y poder determinar cuales podrán continuar la multiplicación en cascada. El otro tipo de ensayos es en lo que tiene que ver con el comportamiento a campo estableciéndose ensayos de ranking, de este modo se puede establecer en corto tiempo cuales son los de mejor comportamiento a campo y que además tengan un porcentaje de enraizamiento mayor del 60% (condición para integrar la producción comercial).

Tabla de enraizamiento máximo:

Clon	% de enraiz. max	Clon	% de enraiz. max.
89-7-BD	95	11-11-JP	38
131-3-JM	85	11-14-FR	38
158-6-PM	81	11-31-FR	34
334-1-AR	80	11-40-JP	33
131-2-JM	79	11-17-FR	29
115-7-PM	79	22-5-RP	24
11-13-FR	71	11-52-RP	20
11-23-FR	70	13-6-FR	13
21-6-JP	54	22-11-FR	8
12-7-FR	47	11-29-FR	4
22-6-RP	46	11-39-FR	3
12-5-FR	42	14-2-LM	0

Los clones que integran actualmente la producción comercial son 6 españoles y 2 uruguayos:

158-6-PM  
131-3-JM  
131-2-JM  
334-1-AR  
89-7-BD  
115-7-PM  
11-23-FR  
11-13-FR

Aquellos clones que no han superado el 60% y aquellos que si han superado el 60% de enraizamiento integraran un banco clonal donde estarán representados todos los clones seleccionados para que en un futuro obtener material para cruzamientos, dado que el hecho de no enraizar no significa que no sean genotipos superiores.

Cabe destacar que de los 105 árboles plus de *E. globulus* que se seleccionaron hasta el momento en el Uruguay solo 2 integran la producción comercial (1.9%).

## **Estrategia de Mejora genética**

### **Premisas**

De acuerdo con los antecedentes expuestos y con los resultados obtenidos hasta el momento, la estrategia de mejora de ENCE se basa en las premisas siguientes:

- 1.- Obtener máximas ganancias por unidad de tiempo y al menor coste posible.
- 2.- se utilizará preferentemente la multiplicación clonal como vía de producción.
- 3.- La especie *Eucalyptus globulus* se considera la más apropiada como proveedora de materia prima para la fabricación de pasta de celulosa, por lo que la madera de cualquier otra especie que se considere, deberá tener características técnicas lo más semejante posible a dicha especie.
- 4.- Los caracteres más importantes a tener en cuenta en la selección son:

- ❖ Volumen (altura, diámetro, coeficiente mórfico)
- ❖ Supervivencia
- ❖ Tolerancia a la sequía y plagas condicionadas al estrés hídrico.
- ❖ Densidad básica de la madera .
- ❖ Capacidad de enraizamiento.
- ❖ Capacidad de brotación.
- ❖ Tolerancia al frío.
- ❖ Consumo específico que es una función de la densidad básica, del rendimiento bruto en cocción y del rendimiento en blanqueo.
- ❖ Calidad de las fibras.

5.- Se asume que no existe depresión en la capacidad de enraizamiento ni en el crecimiento de las estaquillas con el aumento de la edad de los pies-madre.

6.- Se asume que no existe correlación genética entre la capacidad de enraizamiento y otros caracteres de importancia económica.

7.- Se considera que puede existir interacción genotipo \* ambiente, al menos a nivel individual.

Con dichas premisas se diseña la siguiente estrategia de mejora para *Eucalyptus globulus*.

### **Definición de las poblaciones**

Con objeto de obtener las máximas ganancias en el menor plazo de tiempo posible y al tiempo de disponer de una amplia base genética, el Programa de Mejora Genética define las siguientes Poblaciones:

**Población Base:** Es la fuente genética de las Poblaciones de Mejora.

Está formada por: a) la población procedente del área de distribución natural de la especie en Australia y Tasmania y representada por los ensayos de procedencias y familias de *Eucalyptus globulus*, con 260 familias pertenecientes a 46 procedencias australianas, establecidas para las distintas zonas de mejora de Huelva y del Norte (Galicia y Cantabria) con un total de 15 parcelas, 8 en el Sur y 7 en el Norte, y con más de 150 individuos por familia. La función primordial de esta población es la de poner a disposición del programa, una amplia representación genética de individuos de *Eucalyptus globulus* para hacer frente a cualquier tipo de cambio de objetivos de la mejora.

Además por: b) las poblaciones de las plantaciones existentes en el sur (Huelva) y en el norte de España (Galicia) así como en Uruguay.

**Poblaciones de Mejora:** Son las poblaciones que para cada Zona de Mejora suministren el material genético que haga posible obtener ganancias apreciables en cada nueva generación, al tiempo que mantener una amplia base genética que asegure la mejora de forma continua y flexibilidad para cambiar de objetivos y áreas geográficas. Para ello la Población de Mejora estará subdividida en otras dos:

**Población Principal de Mejora:** Formada por los individuos genéticamente superiores de las familias de la Población de Base, manteniendo su identificación por procedencias tal como más adelante se explica. Con el propósito de cumplir con los objetivos previstos a largo plazo de disponer de una amplia base genética que permita flexibilidad ante posibles eventualidades y proporcione material genético a la Población Élite. Debe por tanto cumplir tres funciones básicas:

1.- Mantener una amplia base genética incorporando, al tiempo cierto grado de mejora en cada generación.

2.- Servir como fuente de recursos genéticos para la Población Élite y para la siguiente generación de la Población Principal de Mejora.

3.- Servir como ensayo de progenies para obtener información genética.

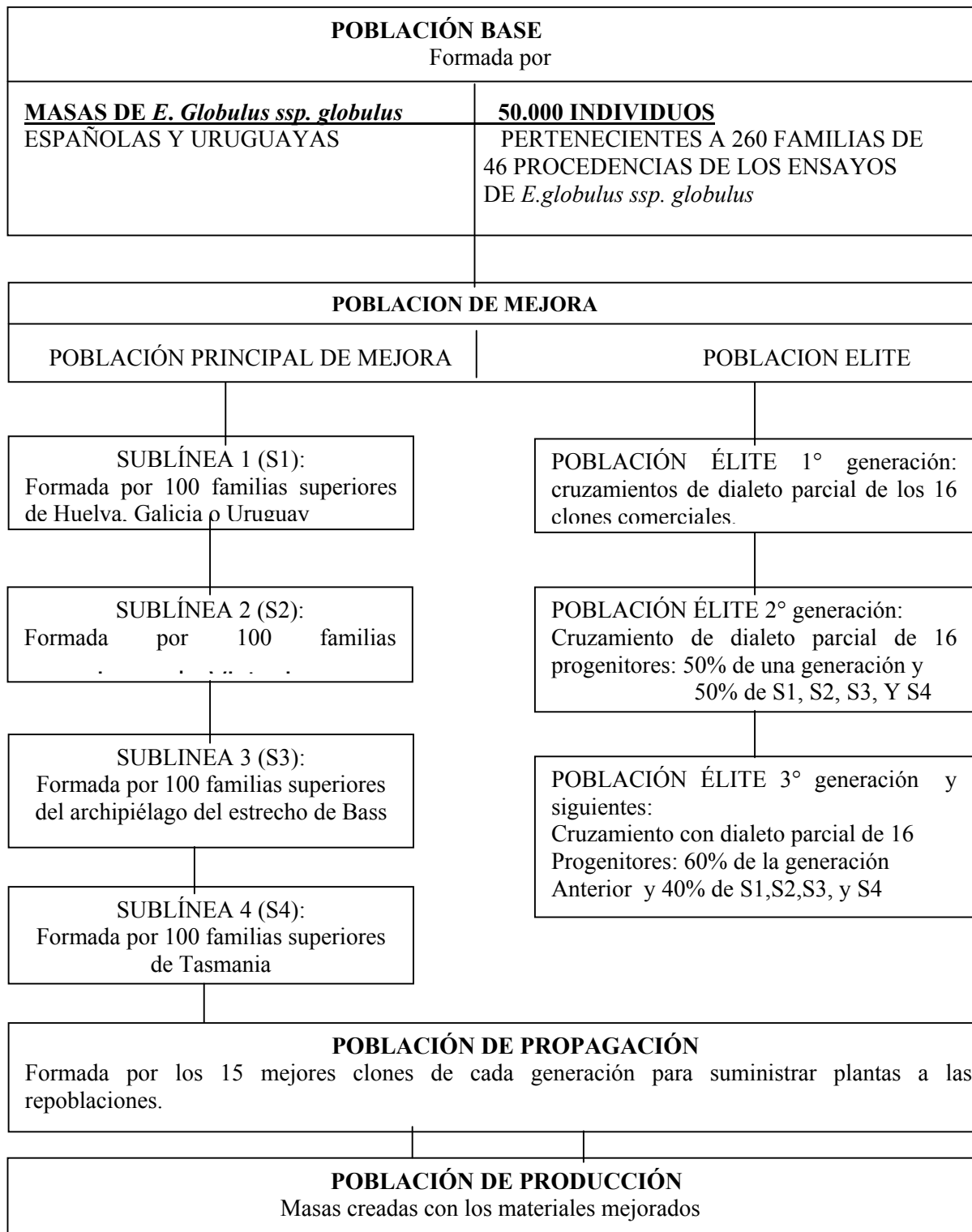
**Población Élite:** Formada por los 16 individuos genéticamente más sobresalientes de cada generación, que darán lugar, en parte, a los progenitores de la generación siguiente de la Población de Élite, así como a los clones de la Población de Propagación, mediante cruces controlados. Con el fin de cubrir los objetivos a corto plazo, de obtener substanciales ganancias genéticas y proporcionar material selecto a la Población de Propagación. Sus funciones básicas se pueden resumir en dos:

1.- Suministrar material mejorado a la Población de Propagación, de forma continua, que permita la renovación de dicha población cada década.

2.- Evaluar genéticamente los progenitores y sus progenies.

**Población de Propagación:** Formada por los 15 clones que, procedentes de las poblaciones anteriores, presenten el conjunto de características requeridas más sobresalientes para suministrar planta para las repoblaciones comerciales. Esta población estará físicamente representada por los pies-madres que suministren las estaquillas en los viveros de multiplicación vegetativa.

**Población de Producción:** Conjunto de masas forestales que están creadas y en el futuro lo sean con plantas procedentes de la Población de Propagación.



### III. NUEVAS TECNOLOGIAS PARA LA PRODUCCION FORESTAL

Gerardo Cardozo y Javier Burgueño<sup>7</sup>

#### INTRODUCCION

Mundial Forestación S.A., es una empresa 100% capitales brasileños, que comenzó en octubre de 1995 adquiriendo 3.331 ha, llegando al año 2002 con un total de 7.705 ha. Se encuentra ubicada en Cerro Colorado, departamento de Florida a 153 km del puerto de Montevideo.

#### OBJETIVO

Producción de madera de alta calidad de *Eucalyptus globulus ssp globulus* para la producción de pulpa de celulosa.

#### POLITICA DE LA EMPRESA

- Usar la mejor tecnología disponible en las plantaciones maximizando ingresos y haciendo una producción sustentable.
- Introducir y adaptar nuevas tecnologías a través de investigaciones con el objetivo de aumentar la productividad.
- Intercambiar políticas de producción, conocimientos y material genético con centros de investigación, universidades y empresas.
- Mantener su cuerpo técnico actualizado con entrenamientos participando de visitas a empresas, congresos, seminarios, exposiciones, etc.
- Seguimiento de los montes con relación a nutrición, plagas, enfermedades, competencia con las malezas haciendo inspecciones periódicas.
- Utilizar Eucalyptus globulus ssp globulus por su adaptación, calidad para pulpa y potencial de producción.
- Producir sus propios clones asegurando calidad.

#### CIMF (CENTRO DE INVESTIGACIÓN MUNDIAL FORESTACIÓN)

Atiende las diferentes áreas de investigación con apoyo de técnicos de UFV (Universidad Federal de Vicosa):

- Suelos
- Nutrición
- Fitopatología
- Biotecnología
- Entomología
- Inventario Forestal
- Mejoramiento Genético

---

<sup>7</sup> Técnicos Agropecuarios. Mundial Forestación S.A. Ruta 7 km. 145 – Cerro Colorado  
E-mail: [mundial@adinet.com.uy](mailto:mundial@adinet.com.uy)

## PROYECTO DE MEJORAMIENTO GENETICO

### OBJETIVOS:

Disminuir la heterogeneidad de las plantaciones  
Producción de madera de alto rendimiento  
Aumento de la productividad  
Disminución de enfermedades

### IMPLEMENTACION:

#### ➤ **MINIESTAQUIA**

Propagar individuos superiores “Plus”.

#### ➤ **CRUZAMIENTOS INTRAESPECIFICOS:**

Implantación de Test de Progenies y Procedencias (Australia, Portugal, España, Chile, Brasil), con el fin de encontrar las procedencias que se adapte mejor a nuestra región, para posteriormente realizar cruzamientos entre la misma especie.

Mini semillero a través del cruzamiento controlado entre árboles Plus.

#### ➤ **CRUZAMIENTOS INTERESPECIFICOS:**

Para combinar las propiedades de pulpa del *Eucalyptus globulus*, con características de otras especies adaptadas localmente, como crecimiento y enraizamiento.

Estos cruzamientos se están realizando “in Door” por medio de injertos y polinización controlada.

### MINIESTAQUIA:

Esta tecnología de clonación de eucalipto sin duda ha sido la que ha llamado la atención en estos últimos años; comenzó siendo testada en coníferas (*Pinus radiata*) en Nueva Zelandia, Australia y Chile; en el año 1997 se implanto en *Eucalyptus tropicales* en Brasil (Riocell - Teotonio F. De Assis).

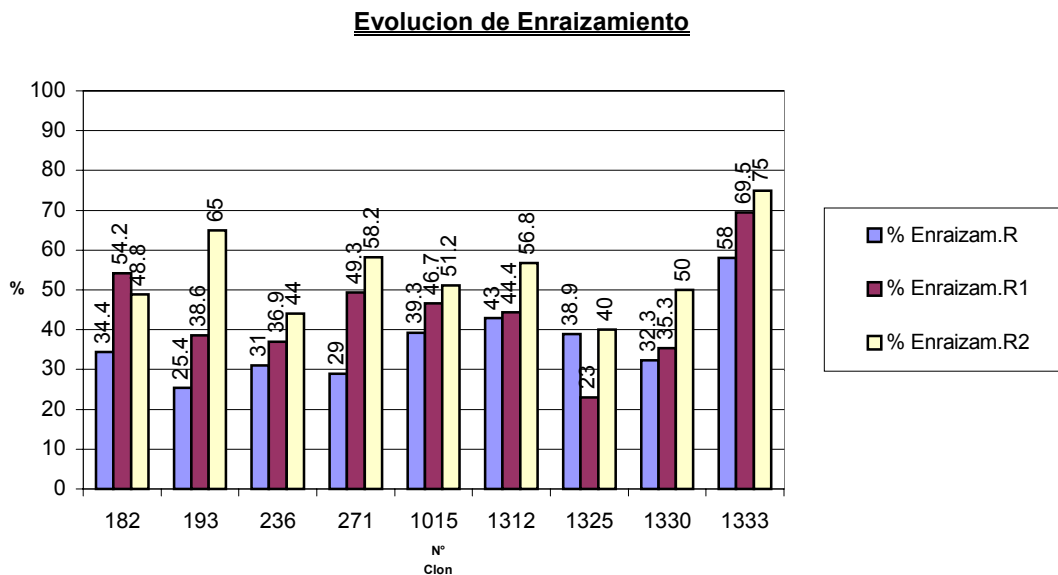
El proceso simplifica y concentra la gestión del parque de pie madre, aumenta la capacidad productiva de los viveros y posiblemente los costos unitarios. El principal efecto es acelerar el proceso de producción de la planta (lleva menos tiempo producir una estaca pronta y salir para el campo). Las experiencias de clonación en *eucalyptus globulus* han sido pocas, dando un muy bajo enraizamiento medio, bastante bajo (Globalmente cerca de 20 %). Otra dificultad es la propia morfología de los brotes a utilizar en miniestacas, considerablemente mayor y menos lignificada que la mayoría de sus parientes tropicales (Nuno Borralho).

En Mundial Forestación el proyecto de realizar el mejoramiento genético a través de la miniestaca comenzó a fines del año 1999.

Hoy día a través de la miniestaca los resultados están siendo muy promisorios alcanzando en algunos clones hasta 81 % de promedio de enraizamiento.

Uruguay es pionero en el mundo, en implementar esta técnica para *E. globulus ssp. globulus* a nivel comercial a través de nuestra empresa.

## RESULTADOS OBTENIDOS:



### Estructura de vivero adquirida:

**Casa de enraizamiento:** Invernáculo de 860 metros cuadrados con ambiente controlado, con un sistema de nebulización, su temperatura promedio 25°, humedad entre 60 y 80 %.

**Casa de Pies Madre:** Invernáculo de 446 metros cuadrados con ambiente controlado, equipado con 8 mesas de sub irrigación.

**Casa de Pre Rustificación (Virtual):** Invernáculo de 1080 metros cuadrados equipado con 12 mesas de sub irrigación.

**Rustificación:** Invernáculos, 5200 metros cuadrados de área de rustificación.

**Casa de hibridación:** Invernáculo para la realización de injertos, polinización controlada.

### SELECCION DE ARBOLES SUPERIORES:

Se seleccionan árboles superiores de la empresa y zonas cercanas, por su adaptabilidad, vigor, rectitud, copa vigorosa, resistencia a enfermedades, diámetro y altura.

### CORTE Y REBROTE:

Se cortan los árboles seleccionados, retirando muestras de madera para ser analizadas y se espera el rebrote.

### COLECTA Y ESTAQUIA:

Aproximadamente a los 60 días cuando rebrota estos se colectan y son seleccionados por su capacidad de enraizamiento y conducidos a pies madres



## **FORMACION DE PIE MADRE Y MINI ESTAQUIA:**

La macro estaca enraizada se coloca en un sistema de sub irrigación (Jardín Clonal Virtual). En este sistema las macro estacas comienzan a crecer y aproximadamente con 10 a 12 cm de altura se les realiza la primer colecta de mini estaca (ápice).

Con la colecta del ápice se inducen las brotaciones, las cuales son colectadas ente 7 a 15 días, a este proceso le llamamos mini estaquia. La mini estaca colectada tiene entre 6 a 8 cm. De alto y 3 pares de hojas.

A este sistema de producción le llamamos “Jardín Clonal Virtual” por el hecho de que después de colectar un pie madre durante 6 meses este es llevado al campo, quedando en producción las miniestacas enraizadas de este.

## **SUSTRATO UTILIZADO:**

Se utiliza 50 % turba rubia (Canadá) y 50 % vermiculita fina (Brasil).  
La fertilización base es Osmocote 15 – 9 – 12 (Miniprill) y super fosfato simple.

## **SOLUCION NUTRITIVA PARA SUB IRRIGACION:**

No existe una solución nutritiva padrón para todas las especies vegetales y condiciones de cultivo. Los nutrientes necesarios para el desenvolvimiento son los mismos, pero en cantidades diferentes entre y dentro de cada especie.

Una adecuada solución nutritiva debe por lo menos presentar las siguientes características (Teixeira 1996):

1. Contener todos los nutrientes esenciales para el desenvolvimiento de la planta
2. Ser equilibrada, de acuerdo con la cultura
3. Tener potencial osmótico entre 0,5 y 0,8 atm, pudiendo admitir hasta 1 atm
4. Tener pH entre 5,8 y 6,2
5. Tener una conductividad eléctrica entre 1,5 a 4 mS/cm, dependiendo de la cultura

## **PARAMETROS DE NUTRIENTES UTILIZADOS POR MUNDIAL PARA GLOBULUS:**

Niveles críticos de nutrientes en hojas de mini estaca en *E. globulus* ssp *globulus*.

%						mg/g (ppm)				
N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
3.0-4.0	0.3-0.4	1.8-2.5	0.8-1.2	0.25-0.40	0.20-0.35	180-300	600-1200	35-65	10-16	45-65

## IV. ANALISIS DE LOS EFECTOS DE ALGUNOS FACTORES AMBIENTALES SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE *Eucalyptus globulus ssp.globulus*<sup>8</sup>

Rafael Escudero<sup>9</sup>, Juan Carlos Sganga, Luis Sayagués Laso, Esteban Graf, Rodolfo Pedocchi, Luis Petrini, Carolina Munka, Fernando Irisity, Guillermo Morás

### RESUMEN

Se presentan los resultados preliminares del crecimiento en altura de fustales de *Eucalyptus globulus* de 7 años en 50 sitios ubicados al sur del Río Negro. La productividad forestal se reporta en relación a Unidades mayores de Paisaje (zonas CIDE), Sistemas de Tierras (Unidades de Suelos de la Carta 1:1.000.000) y catenas de sitios en las localidades muestreadas. Se incluyen funciones predictivas de la altura media del rodal a partir de variables topoedáficas.

Palabras clave: evaluación del sitio forestal, predicción del crecimiento; *Eucalyptus globulus*.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, *Eucalyptus globulus* ocupa más de 100.000 ha al sur del Río Negro, incluyendo terrenos no definidos de prioridad forestal. En esta amplia y heterogénea área del punto de vista de las condiciones agroecológicas, los crecimientos manifiestan una alta disparidad, no siendo evidentes las causales de tal comportamiento.

El proyecto INIA FPTA 106 -en ejecución- pretende contribuir al desarrollo sustentable del sector forestal nacional. El conocimiento que se obtenga de la adaptación ecológica de *Eucalyptus globulus* en los diferentes ambientes en que se cultiva la especie, permitirá reducir los fracasos de una forestación por una selección de terrenos inapropiada, identificar y evaluar aquellos factores limitantes de la producción, y concebir su posible corrección. A su vez, la predicción de los rendimientos en función de las diversas variables de clima, topografía y suelo, contribuye a una mejor planificación empresarial y nacional en términos de ordenamiento territorial. La evaluación de la calidad de un sitio para la productividad de una especie forestal es un insumo imprescindible para destinar las tierras a un uso sostenible, acorde a su vocación productiva.

Esta comunicación tiene por objetivo la presentación de algunos resultados preliminares obtenidos en el marco del proyecto de referencia.

### METODOLOGÍA

La estrategia empleada consistió en muestrear -previa estratificación- 50 rodales fustales representativos, puros y coetáneos de 7 años de edad. A los efectos de evaluar la potencialidad productiva de los diferentes sitios se excluyeron rodales que presentaran problemas sanitarios debido a plagas y patógenos.

---

<sup>8</sup> Trabajo realizado por el Departamento de Producción Forestal y la Unidad de Sistemas Ambientales de la Facultad de Agronomía, en el marco del Proyecto INIA-FPTA N°106.

<sup>9</sup> Responsable del Proyecto

La amplia región geográfica en la cual se relevaron las plantaciones (Departamentos de Canelones, Colonia, Lavalleja, Maldonado, San José, y Soriano) se caracteriza por presentar diferencias a escala mesoclimática, y una amplia gama de suelos asociados a la naturaleza del material geológico y a aspectos fisonómicos del paisaje.

En cada localidad seleccionada se procedió a la descripción de una secuencia (catena) de sitios contrastantes y se colectaron muestras de suelo para la caracterización físico-química en el laboratorio según los procedimientos estándar de la Dirección de Suelos – M.G.A.P.. Se incluyeron los siguientes descriptores: forma y posición topográfica, pendiente, exposición y altitud; uso histórico, vegetación espontánea regional y en el sitio; actividad biológica; geología regional y geomorfología local; secuencia de horizontes; cobertura porcentual del suelo con mantillo; espesor de horizontes (O, A, B, C, R); color; profundidad a: contacto lítico; contacto pseudolítico; CO<sub>3</sub>; moteados, concreciones, colores gleicos; textura fina y gruesa: porcentaje de limo, arena y arcilla, gravillas, gravas, cascajos, piedras; materia orgánica, pH, P, Ca, Mg, K y Na; clasificación tentativa del suelo; tamaño del pedón.

Adicionalmente, se procesó información agroclimatológica básica y se calcularon variables complementarias que caracterizan a los sitios tales como: evapotranspiración potencial (ETP), variación de almacenaje, evapotranspiración real (ETR) y deficiencias relativas (Def. rel. = 1 - ETR / ETP) para los meses estivales. Se ejemplifica el resultado del análisis realizado para el caso de dos sitios de láminas contrastantes (25 y 170 mm) de la catena localizada en Costas del Polonia.

Las variables de crecimiento medidas fueron la altura total y el diámetro a la altura del pecho de 18 árboles pertenecientes a cada parcela. La superficie de la parcela no fue fija dado que los espaciamientos entre los sitios eran variables.

Considerando que la altura desarrollada por los árboles a una edad base es el indicador más reconocido de calidad de sitio, ya que es la característica del rodal menos afectada por el manejo, se emplearon los valores de altura total obtenidos para efectos de comparación entre sitios y para relacionar los diferentes parámetros ambientales evaluados. Con la información obtenida se realizó lo siguiente:

- a) se calculó, para las diferentes Unidades de Paisaje y catenas, el promedio de altura total de los 5 árboles más altos;
- b) se ajustaron modelos de regresión múltiple por diferentes procedimientos (inclusión obligada de variables seleccionadas; método paso a paso, método de remoción secuencial) a los efectos de estimar la altura promedio de los eucaliptos en función de factores topoedáficos del sitio.

## RESULTADOS

La caracterización de las parcelas en que fueron obtenidos los datos dasométricos se ilustra en la tabla 1. Respecto al comportamiento productivo mostrado por *E. globulus* en los 50 sitios relevados, la tabla 2 resume los valores promedio de los incrementos anuales en diámetro, altura, área basal y volumen por hectárea, así como su variabilidad.

En la tabla 3 se presentan organizados en diferentes unidades de paisaje los sitios relevados -o previstos a relevar- y la altura promedio de los 5 árboles más altos por parcela. A pesar de que el número de muestras en muchas de las unidades es reducido y los datos no fueron sometidos a un análisis estadístico, se observa un comportamiento dispar del índice de calidad de sitio adoptado dentro de cada una de las unidades de paisaje de diferente jerarquía. El crecimiento observado parece depender en mayor grado de la catena específica y de la posición topográfica dentro de la catena, que de unidades de paisaje de mayor jerarquía. Respecto a la predicción de la altura media del rodal a los 7 años en función de variables topoedáficas, las ecuaciones de regresión múltiple y la identificación de las variables se presentan en las tablas 4 y 5

respectivamente. A pesar de la alta significación estadística de los modelos presentados ( $P > 0.001$ ), las estimaciones están sujetas a errores de magnitud media (2,0 – 2,2 m).

En el gráfico 1, se presentan las deficiencias hídricas relativas correspondientes al mes de octubre en dos sitios de Costas del Polonia. En 7 de los 12 años analizados se observa que las deficiencias hídricas son significativamente mayores en el suelo de menor capacidad de almacenaje. Ello implica que no sólo los totales de deficiencias (para el período estival) son mayores sino que se inician al menos un mes antes.

En enero (gráfico 2) el uso del agua del suelo alcanza normalmente los máximos valores, cualquiera sea la lámina. De todas maneras se mantienen diferencias importantes en las deficiencias generadas en los suelos con capacidades de almacenaje contrastantes. Estas diferencias de déficit hídrico se reflejan en el crecimiento promedio en altura de los 5 árboles más altos por sitio: 9,6 m en el sitio con menor capacidad de almacenaje frente a 16,8 m del sitio con mayor capacidad de almacenaje.

## CONSIDERACIONES FINALES

En el proyecto no se consideró la incidencia de los factores ambientales en la sanidad del cultivo, aspecto que determina la productividad del mismo.

Es reconocida la incidencia del régimen térmico sobre la adaptación ecológica de *E. globulus*. El análisis de este parámetro está previsto. Sin embargo dada la escasez de datos agroclimáticos especialmente en la zona serrana, se estima que sólo se podrá trazar una tendencia general del comportamiento de la especie en nuestro país en función del gradiente de temperatura, índice de continentalidad y unidades térmicas.

Por último, en futuros estudios destinados a evaluar la capacidad productiva del ambiente, deberán profundizarse aspectos tales como el origen de la semilla utilizada en la forestación, la tecnología de plantación (especialmente el laboreo del suelo) y la capacidad de rebrote de la especie luego de la primera rotación.

**Tabla 1.** Datos básicos de las parcelas dasométricas (50 sitios).

ESTADÍGRAFO	superficie	N° árboles	densidad	Densidad	edad del
	parcela	/ parcela	real	teórica inicial	rodal
	m <sup>2</sup>		árboles/ha	árboles/ha	meses
Mínimo	71	7	553	946	83,0
Máximo	190	21	2385	2525	96,2
Media	118	14	1282	1637	88,6
Mediana	108	15	1270	1667	88,9
Coef. var. (%)	27	19	31	25	3

**Tabla 2.** Incrementos medios anuales a los 7 años (50 sitios).

<b>ESTADÍGRAFO</b>	<b>INCREMENTOS MEDIOS ANUALES A LOS 7 AÑOS</b>			
	<b>Diámetro</b>	<b>altura</b>	<b>área basal</b>	<b>volumen <sup>(1)</sup></b>
	Cm/ año	m/ año	m <sup>2</sup> /ha/ año	m <sup>3</sup> /ha/ año
Mínimo	1,0	1,1	0,58	3,14
Máximo	2,4	2,7	4,72	35,05
Media	1,8	1,9	2,67	16,80
Mediana	1,9	1,9	2,56	16,12
Coef. var. (%)	17	20	36	48

(1) El factor de forma empleado para el cálculo fue 0,41

**Tabla 3.** Localización de los sitios y la altura promedio de los 5 árboles más altos por parcela (datos parciales).

Unidades de Paisaje mayores	Altura m	Sistemas de Tierras (Unidades de la Carta de Suelos 1:1.000.000)	Unidades de Tierra (grupo CONEAT)	Altura m	Localización de la Catena de Sitios	Altura m	N° de Sitios caracterizados <sup>3</sup>
Serranías (Zona 2 CIDE)	17.2	Sierra Polanco	2.11a – 2.12		Barriga Negra		4
		José P. Varela	2.11a – 2.12		Pirarajá		3
		Santa Clara	2.11a	16.4	Campanero	17.0	3
			2.12		Soldado	16.0	4
			2.11a - 2.11b		Villa Serrana		3
		Santa Clara sedimentario	2.11b – 2.11a - 2.12	19.1	La Calera	19.1	6 (3)
			Rocha <sup>4</sup>				
Cristalino (Zona 5 CIDE)	15.3	San Gabriel – Guaycurú	5.5 – 5.01c	16.4	Guaycurú	19.9	6 (2)
			5.02b – 10.3		Costas de Polonia	14.1	3
			5.02b		Paso Morlans		1
		Valle Aiguá	5.5	13.4	Serranía	14.4	2
			10.8a - 2.12		Solís	12.5	2
		San Carlos	5.02b – 10.3	14.7	Capilla Cella	14.7	4
		Ecilda Paullier – Las Brujas	5.02b – 5.4	16.6	Minuano	16.6	3
			Cerro Colorado <sup>(4)</sup>				
Cretáceo (Zona 9 CIDE)	16.0	Paso Palmar	9.1	16.1	Paso Palmar	16.1	6
		Cuchilla del Corralito	9.1 – 9.5 – 03.2	16.0	Sarandí	16.0	7
		Carpintería	9.3		Tomás Cuadra <sup>(4)</sup>		
					Migues <sup>(4)</sup>		
Devónico (Zona 8 CIDE)		Aparicio Saravia	8.8		Capilla Farruco		3
					Arévalo <sup>(4)</sup>		
Cuaternario (Zonas CIDE 4 y 10)	19.6	San Carlos	4.2	19.2	Piedras de Afilas	19.2	3
		Kiyú	10.8b	20.3	Juan Lacaze	20.3	2
Dunas Costeras	14.4	Kiyú	07.2	12.2	Boca del Cufre	12.7	4
		Balneario Jaureguiberry	07.1 – 07.2	17.7	Araminda	17.7	2

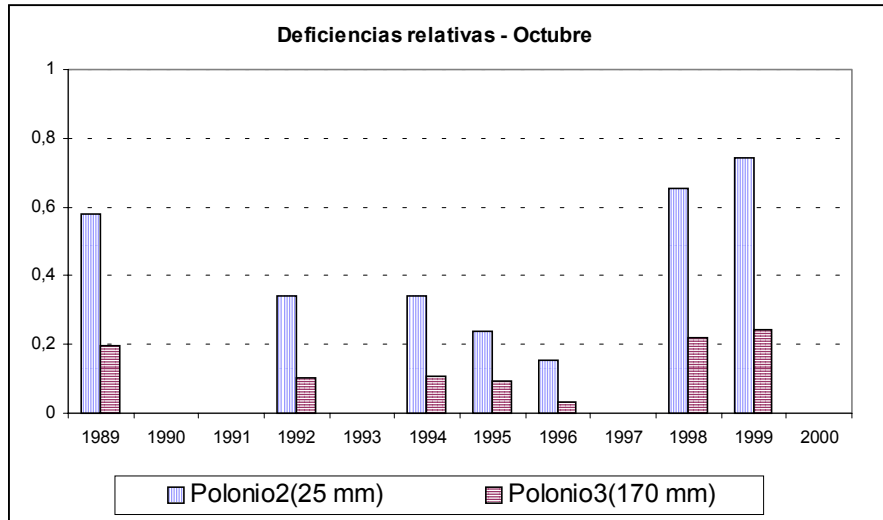
<sup>3</sup> Entre paréntesis se señala el número de rodales medidos.

**Tabla 4.** Ecuaciones de regresión múltiple ajustadas para estimar la altura promedio del rodal (ALT en m), los valores del coeficiente de determinación ( $R^2$  en %) y del error estándar asociado a la estimación (SE en m).

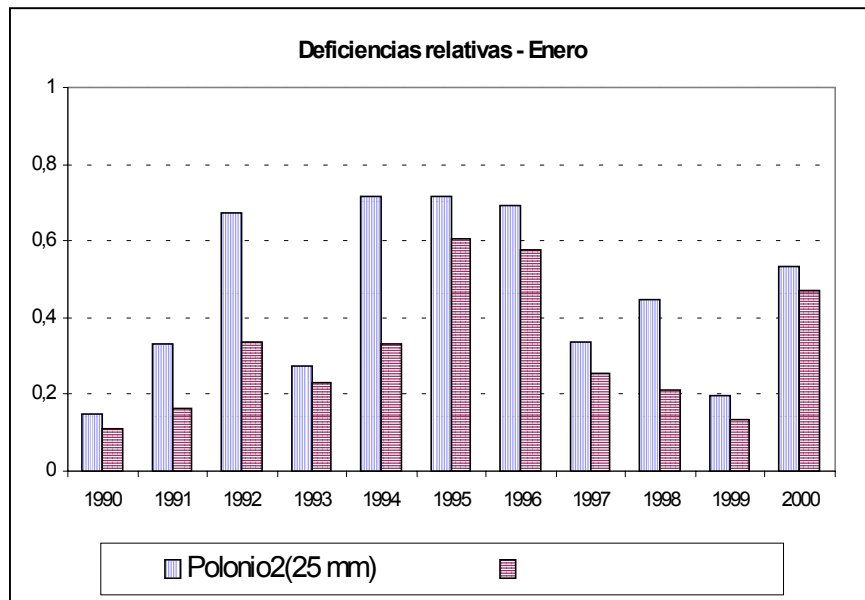
ECUACIONES							$R^2$	$R^2$ ajus	SE
ALT = 40,76	+ 0,176	x1	+ 0,0319	x2	- 0,029	x3	62,3	47,2	1,96
...	- 0,227	x4	- 0,139	x5	- 0,211	x6			
...	- 0,0412	x8	- 3,188	x9	+ 2,467	x10			
...	- 0,599	x11	- 0,120	x12	+ 0,316	x13			
...	- 5,905	x14	+ 3,718	x15					
ALT = 41,673 - 0,300x4 - 0,211 x7 - 7,417 x14							35,8	31,7	2,23

**Tabla 5.** Descripción de las variables incluidas en las regresiones (50 sitios).

VARIABLE	DESCRIPCIÓN (UNIDADES)	MEDIA	RANGO
x1	pendiente de la parcela (%)	4,3	0-14
x2	espesor del horizonte A (cm)	43	10-120
x3	espesor del suelo explorable por las raíces (cm) (horizonte A + otros horizontes excepto Bt, C arcilloso y R; o profundidad hasta el contacto lítico o hasta el gleico)	58	15-120
x4	porcentaje de arena del horizonte A (%)	64	19-99
x5	porcentaje de limo del horizonte A (%)	17	0-52
x6	porcentaje de arcilla del horizonte A (%)	20	1-37
x7	porcentaje de limo + arcilla del horizonte A (%)	37	1-81
x8	relación arena / arcilla del horizonte A (-)	11,2	0,5-99,0
x9	pH agua del horizonte A (-)	5,3	4,5-6,2
x10	pH KCl del horizonte A (-)	4,2	3,7-5,6
x11	contenido de materia orgánica del horizonte A (%)	2,5	0,1-5,6
x12	contenido en fósforo del horizonte A (ppm)	5	2-19
x13	contenido en calcio del horizonte A (meq/100 g)	5,0	0,1-25,3
X14	contenido en sodio del horizonte A (meq/100 g)	0,17	0,03-0,95
X15	relación magnesio / calcio del horizonte A (-)	0,44	0,00-2,00



**Gráfico 1.** Deficiencias hídricas relativas correspondientes al mes de octubre en dos sitios de Costas del Polonia.



**Gráfico 2.** Deficiencias hídricas relativas correspondientes al mes de enero en dos sitios de Costas del Polonia.



## V. SILVICULTURA DE PLANTACION DE *E. globulus* EN EL SUDESTE: DIFERENTES PAQUETES TECNOLOGICOS Y RESULTADOS ESPERABLES

Pablo Reali<sup>10</sup>

### INTRODUCCIÓN

En el siguiente trabajo, se intenta presentar los diferentes paquetes silvícolas de plantación más usados en el sudeste del Uruguay, para la plantación de *E. globulus ssp. globulus* de turno corto, para la producción de madera pulpable.

Es importante resaltar la palabra empírico, pues lo que a continuación se pone a consideración no surge de parcelas experimentales, ni por tanto posee validación estadística. Sin embargo, se cree de interés lo que seguidamente se expondrá, ya que surge de la observación y mediciones en más de 70 visitas anuales a los predios de los socios de FORESUR. Esto permite una visión general de una gran cantidad de situaciones, tanto en cuanto a condiciones edafoclimáticas, como calidad y tipo de plantación, grado de mejora genética empleada, manejo post-plantación, etc.

### MARCO CONCEPTUAL

Sin desmedro de comprender que cada plantación, y sus interacciones ecológicas, etc., poseen características propias y peculiares, a los efectos de una mejor comprensión y organización, se clasificarán los diferentes tipos de silvicultura de plantación en tres tipos, a saber; silvicultura básica (SB), silvicultura intensiva (SI) y silvicultura optimizada (SO).

**La SB**, la que tradicionalmente comenzó a utilizarse en la zona, y que todavía se sigue usando en algunos casos. Es una silvicultura de plantación que se caracteriza por buscar el bajo costo en todas las operaciones. En estos casos se trata, por lo general, de un laboreo simple, principalmente con un surcador (arado doble vertedera, con dos pequeños cinceles detrás), al que de inmediato sigue una plantación manual. La fertilización, si es que se realiza, se aplica en superficie o escasamente enterrada y en baja dosis, generalmente 50gr. por planta de un fertilizante binario del tipo 20-40-0.

El control de hormigas se realiza con hormiguicidas de contacto y, si el campo no está bien limpio, con cebos granulados. La densidad de plantación más usada es de 1666 árboles por hectárea, en un espaciamiento de 3 x 2 metros. Los costos de este tipo de plantación oscilan entre 200 y 300 U\$S por hectárea. No existe manejo post-plantación, a no ser la utilización de ganado para el control de malezas.

**La SI** difiere radicalmente del caso anterior, en lo que respecta a la intensidad de uso del capital. Este caso es más difícil de generalizar, pues existen varias escuelas de procedimiento, en general surgidas de un mayor conocimiento técnico y con el apoyo de experimentación. El campo se le entrega bien pastoreado al plantador que comienza a controlar la hormiga de la forma antes descrita, con el adicional, en muchos casos, de un control sistemático por medio de cebos granulados. Una vez realizado el primer control, se realiza, en la gran mayoría de los casos, un subsolado en profundidad en la fila de plantación, por medio de un tractor de orugas con una potencia igual o superior al equivalente Caterpillar D6. Unos treinta días previos a la plantación, se realiza la primera pasada de excéntrica en la línea de plantación. A continuación de esta tarea, se aplica un herbicida pre-emergente en la fila laboreada. Posteriormente, quince días con anterioridad a la plantación, se aplica un herbicida total en toda la superficie a plantar. Los trabajos con excéntrica continúan, dependiendo el número de pasadas, de la textura del suelo y de las condiciones

---

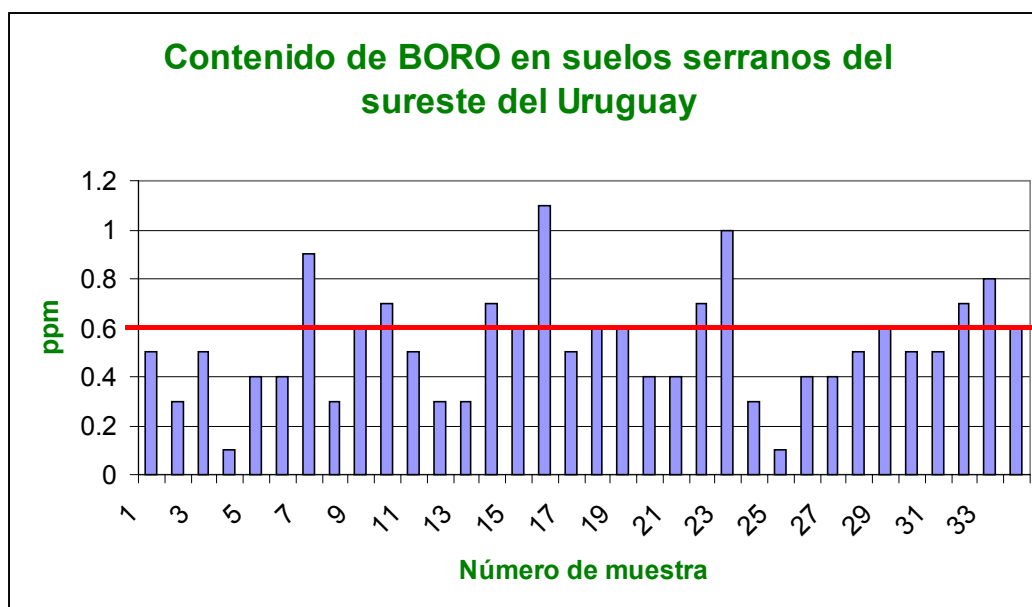
<sup>10</sup> Ing. Agr. Departamento de Investigación y Desarrollo de Foresur GIE.

climáticas. Cuando la cama de siembra está preparada, se realiza una plantación manual o mecanizada (dependiendo de la topografía y la pedregosidad reinante) y una fertilización en profundidad con alta dosis de fertilizante, del tipo ternario más microelementos.

Los suelos serranos del sudeste son mayoritariamente deficientes en Boro.  
(Fuente: Base de Datos Técnica. Departamento de I+D de FORESUR).

A diferencia del caso anterior, la calidad genética de los plantines es conocida y por lo general se utiliza material mejorado.

La densidad utilizada varía mucho entre 1666 a 1250 plantas por hectáreas, variando también,



grandemente, los espaciamientos utilizados.

El costo de este tipo de silvicultura de plantación, oscila entre 650 a 1000 U\$S la hectárea.

En el manejo post-plantación también se incurre en un alto costo, puesto que frecuentemente se utilizan herbicidas de contacto en la entrefila y refertilizaciones manuales o mecanizadas totales.

**SO.** Este tipo de silvicultura, que también cuenta con respaldo de investigación y surge del conocimiento técnico, tiene características intermedias a las anteriores, y ha venido utilizándose crecientemente en el sudeste del Uruguay. La idea básica que la sustenta es la utilización intermedia de capital en las operaciones que repercuten más en el crecimiento y estado del monte y deja de lado otro tipo de operaciones, de alto costo y de las que no se tiene una certeza tan fehaciente de su utilidad productiva.

En este caso, se recibe el campo bien pastoreado y se controla hormiga de la forma tradicional y, más raramente, de forma sistemática. Inmediatamente después, se realiza una operación de subsolado con bulldozer, de similares características que las descritas en el caso anterior. En esta operación se procede al menos dos meses antes de la plantación. Para la preparación de la cama de siembra se utiliza el surcador antes descrito (con una pasada de cincel previa si el surco del subsolado no cerró bien) o excéntrica. Como no se utilizará preemergente, la excéntrica solo se usará en campos donde el enmalezamiento no sea muy agresivo. Antes de plantar se aplicará, o no, dependiendo del enmalezamiento, un herbicida de contacto en toda la superficie.

Para la plantación, se procede de forma manual o mecanizada, con plantas de buena calidad fenotípica y, al menos, una genética conocida. La fertilización se realiza, como en el caso anterior, basándose en un análisis de suelo representativo y con altas dosis de fertilizantes ternarios del tipo NPK+micronutrientes. Aquí también se entierra el fertilizante.

La densidad más utilizada actualmente es de 1250 pl/ha, mayoritariamente con espaciamientos de 4 x 2m u otros que permitan un mayor pastoreo, del tipo 4,7 x 1,7 m.

El costo de este tipo de silvicultura de plantación oscila entre 450-550 U\$S/ha.

El manejo post plantación, se produce generalmente apuntando al control de malezas con ganado, utilizándose especies y categorías acordes al tamaño de los árboles.

## RESULTADOS PRODUCTIVOS ESPERADOS

Lógicamente, las tres opciones de plantación tienen resultados esperados diferentes, tanto en promedio, como en la dispersión en torno a los mismos. Sin pretender presentar un estudio dasométrico riguroso del tema, se presenta, en el siguiente cuadro, lo que el autor considera razonable, en función de su experiencia profesional, como rango productivo para cada tipo de silvicultura.

Producción de madera pulpable sin corteza (en m.c.s/ha) para cada tipo de silvicultura de plantación, en un turno de corta de 8 años.

<b>SB</b>	<b>SI</b>	<b>SO</b>
60-120	180-350	160-250

Fuente: Base de Datos Técnica del Departamento de I+D de FORESUR.

## CONCLUSIONES FINALES

De lo mencionado en los puntos anteriores, se puede concluir lo siguiente:

- La SB, es una operación de bajo costo económico y financiero. De todas formas, produce poca madera por hectárea en promedio y con una dispersión muy grande, lo que pone en peligro la rentabilidad de la plantación. Adicionalmente a esto, puede producir árboles no demasiado vigorosos y, por lo tanto, más expuestos a sufrir deterioros por condiciones ambientales y/o por plagas secundarias y endófitas que surgen en situaciones de estrés fisiológico.
- La SI, por el contrario, genera mucha madera comercial por hectárea y aunque el rango de producción es grande, aún en el extremo bajo, asegura la rentabilidad de la inversión. Debido a su alto costo, aumenta la incertidumbre financiera y limita el acceso a la misma a los productores medianos y pequeños
- La SO genera producciones intermedias con costos intermedios. Tal vez no obtenga la misma rentabilidad que en la SI, pero tiene un riesgo financiero y económico menor. Al no invertirse tanto en plantación, se puede disponer de cierto margen económico para acciones de post-plantación, del tipo de aporcados, cortas sanitarias, podas bajas para reducir vuelco por vientos, refertilizaciones puntuales, etc.

## VI. ASPECTOS FITOSANITARIOS DE *Eucalyptus globulus* EN EL SURESTE DEL PAIS

Nora Telechea<sup>11</sup>

El estudio de la ecología y los últimos avances de la investigación sanitaria han permitido conocer la compleja interrelación existente entre los seres vivos, y entre estos y su hábitat: más aún, es sorprendente el número y variedad de organismos que coexisten, no ya en un determinado hábitat físico sino en cada individuo sano.

Dentro de estas interrelaciones, las que se establecen entre una planta y un microorganismo pueden expresarse de varias maneras, y van desde relaciones altamente perjudiciales para el hospedante como la de patógenos que matan al huésped, hasta aquellas que benefician tanto al hospedante como al hospedero, como es el caso de la simbiosis micorrícica; y entre ambos extremos todo un gradiente.

En la Naturaleza, sin embargo, la enfermedad en la planta es la excepción. De acuerdo con Browning (1980), la resistencia y la avirulencia serían la regla mientras que la susceptibilidad y la virulencia serían la excepción.

El hombre altera permanentemente de acuerdo a sus intereses ese orden natural, ese equilibrio dinámico. La silvicultura moderna ha extraído especies de sus lugares de origen y los ha introducido en hábitats más o menos diferentes de los originales. Para restablecer la relación de equilibrio similar al original y hacer de la forestación una producción sustentable es necesario entender algo de la complejidad de los fenómenos involucrados.

### El huésped, la especie exótica

El trasplante del género *Eucalyptus* desde Australia a otras áreas ha sido ampliamente exitoso en función de la variedad de especies a elegir dentro del género, - fruto de la diversidad de nichos en ese continente- y de la gran plasticidad de muchas de esas especies.

Aquellas incluidas en la Ley Forestal (*E. globulus*, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. maidenii*) fueron seleccionadas a partir de estudios y ensayos no sólo de los últimos años, sino de las experiencias de forestales y forestadores que nos precedieron en el tiempo. Así las viejas \_islas de colorados\_ acompañaron el desarrollo agropecuario en todo el país, como las plantaciones de *E. globulus* protegieron las zonas costeras del Río de la Plata y del Océano Atlántico.

En Lavalleja don Brígido Diano forestó con semillas de esos *E. globulus* muchos años atrás. Las forestaciones incentivadas por la Ley en la zona se hicieron con semilla de origen chileno o español mayoritariamente.

Un factor no menor a ser tenido en cuenta y que se vincula directamente a la sanidad de las plantaciones en Uruguay es que el género *Eucalyptus* pertenece a la familia de las *Myrtáceas*, y en nuestra flora nativa contamos con numerosos integrantes de esta familia. Esto hace que, insectos, hongos u otros organismos que habitan nuestros montes pueden potencialmente interactuar con las plantaciones exóticas.

---

<sup>11</sup> Ing. Agr. Dirección General Forestal. MGAP.

## El hábitat

La denominada zona 2 puede considerarse como una interesante unidad de estudio, que incluye una característica zona serrana, objeto de una agresiva forestación en los últimos años, desde que fuera incorporada a los suelos de prioridad. Si bien suele pensarse en una cierta homogeneidad, existen diferencias de suelo conocidas por quienes trabajan en esta zona. Asimismo el material genético utilizado, las técnicas de laboreo, métodos de plantación, dosis y tipo de fertilizante usado son variados y la resultante es la que nos da la diversidad de condiciones en las plantaciones, y su diferente capacidad de resistencia a condiciones de stress.

## La especie exótica en el nuevo hábitat, los organismos y sus interrelaciones

Cuando una especie se traslada de hábitat, desde el punto de vista de su sanidad, pueden ocurrir numerosas situaciones. Entre ellas mencionaremos algunas:

- a) La especie exótica deja parte de sus enemigos atrás,
  - b) Organismos que en origen no eran plaga de la especie exótica, se transforman en plaga cuando no vienen acompañados de sus enemigos o competidores naturales,
  - c) Organismos que estaban presentes en el nuevo hábitat la toman como hospedero, con distintas formas de relacionamiento,
  - d) Organismos locales o importados que pueden convivir con ella sin que ocurran síntomas, cambian su estrategia de vida cuando la especie no está bien adaptada al nuevo sitio,
  - e) Organismos locales o importados que pueden convivir con ella sin que ocurran síntomas cambian su estrategia de vida cuando condiciones de stress de diverso origen debilitan a la planta.
- a) En el traslado de área los eucaliptos en principio perdieron parte de los organismos con los que convivían en su zona de origen.

En los temas micológicos al estudiar en Uruguay los organismos endófitos o invasores latentes (habitantes inconspicuos de las plantas) se comprobó que las especies analizadas fuera de su hábitat natural están empobrecidas, es decir, tienen menor número de organismos endófitos que en su lugar de origen. (Bettucci et al, 1993).

Con el transcurso del tiempo y en pocos años, el número de hongos relacionados con el género fue aumentando y variando. Así algunos hongos que eran encontrados hace 10 años desaparecieron o disminuyó su frecuencia en los análisis actuales, y otros nuevos fueron tomando su lugar.

En el caso de *E. globulus* se identificaron últimamente patógenos foliares que no ocurrían en el principio de la forestación. Tal es el caso de varias *Mycosphaerellas spp* que constituyen un problema importante al provocar la disminución de la masa fotosintetizadora en el período juvenil de la hoja. También pueden provocar la muerte prematura de la rama sin que ocurra normalmente el proceso de abscisión, facilitando el acceso de organismos tales como los xilófagos al interior del tronco.

Estudios del umbral económico posiblemente indiquen que la problemática debe ser encarada seleccionando aquellos individuos que hacen cambio a hoja adulta relativamente rápido. También deben

considerarse como influyen variables tales como la densidad o la fertilización en la aparición del problema.

Otro patógeno en el área es *Cryptosporiopsis eucalypti*, que, sin ser nuevo, ha aparecido en abundancia en el último año, favorecido por el clima cálido y húmedo. Se le asocia con manchas foliares y pequeñas lesiones en ramillas y tallos.

b) Organismos que convivían con la especie en Australia sin problemas, en Uruguay aparecieron asociados a sintomatologías preocupantes; es el caso de *Ctenarytaina eucalypti*, insecto que apareció hace dos años en la zona 2 y para el cual hubo que buscar e importar un controlador.

La presencia de este insecto, a su vez, en su relación directa o indirecta con la micota objeto de nuestro estudio, nos plantea varias interrogantes tales como; ¿Influye en la dispersión de hongos tales como la Roya? Si la respuesta es positiva, ¿a qué nivel influye? ¿En cuanto afecta la vitalidad del árbol?, y de ser así ¿puede provocar un cambio de estrategia en un hongo invasor latente como *Botryosphaeria* o *Valsa* o de los xilófagos presentes en el área? Intuimos las respuestas a algunas preguntas, pero necesitamos estudiar los hechos, para llegar a datos tales como el umbral de daño económico, considerando estas otras variables y qué tipo de medidas se deben tomar

c) Organismos que estaban presentes en la zona y tomaron al eucalipto como hospedero con distintas formas de relacionamiento. Por supuesto nos interesan en primera instancia los casos en que esos organismos actúan como patógenos. El ejemplo en la zona 2 sería la roya, que aparentemente habría saltado de las myrtáceas nativas al eucalipto como myrtácea exótica.

En nuestra primera aproximación a este organismo en plantaciones de *E. globulus* de Lavalleja, Maldonado y Treinta y Tres, vimos diferencias individuales notorias en cuanto a sensibilidad, lo que permitirá avanzar rápidamente en la selección de los genotipos resistentes. Simultáneamente se hace necesario conocer la evolución de la enfermedad para fijar el umbral de daño económico, las condiciones predisponentes, si estamos hablando de un mismo genotipo que ataca a *E. grandis* en el norte. Ya se han comenzado estudios moleculares que nos darán las primeras respuestas y estudios de evolución de la enfermedad.

d) Un ejemplo de organismos que cambian la estrategia cuando condiciones climáticas afectan al árbol, es lo ocurrido con *Botryosphaeria sp* en una plantación de *E. globulus* del departamento de Lavalleja. Allí se vio por primera vez a este hongo, que puede vivir como endófito durante años, alterando súbitamente su estrategia cuando un fuerte vendaval afectó sólo una lomada de una plantación. Los vientos provocan rajaduras en los troncos y rotura de raíces. A partir de la ocurrencia del meteoro, *Botryosphaeria* aparece como organismo dominante en los análisis, asociado a muerte de ejemplares que hasta entonces mostraban un vigorosísimo crecimiento.

También xilófagos de la región presentes en el monte indígena, hoy habitan plantaciones de *E. globulus* conviviendo con ellas. La relación puede cambiar de endofitismo a patogenia y se ven carpóforos a partir de edades tan tempranas como los dos años. Es el caso de un *Inonotus splitgerberii vel aff* de compleja clasificación, encontrado en Rocha, Maldonado, Lavalleja, de gran incidencia tanto en la sanidad de la plantación de primer turno como en el rebrote las cepas.

En estas plantaciones es fundamental conocer la biología del xilófago, su incidencia a partir de un muestreo a fin de instrumentar medidas de manejo en la plantación de primer turno. Esto además permite evaluar económicamente temas tales como la conveniencia de mantener las cepas, de replantar, de considerar medidas de control integrado.

e) Por último, cuando la especie no está en el sitio adecuado, o cuando medidas de manejo inadecuadas afectan la salud del árbol, como en el caso anterior encontramos cambios de estrategia en hongos que

habitualmente son considerados patógenos débiles. Así hemos visto actuando un tipo de *Pestalotiopsis* cuyos aislamientos toman un tono rosado posiblemente debido a una asociación con bacterias y que solo ha sido encontrado en la zona 2. Es un hongo normalmente muy polífago, que suele ser patógeno en plántulas de *Eucalyptus* o causante de mancha foliar, pero lo hemos encontrado muy frecuente asociado a plantaciones sintomáticas jóvenes, estresadas por condiciones de suelo.

En este caso como en muchos otros que no hemos ejemplificado, la elección y disponibilidad de material genético seleccionado in situ parece la respuesta a muchos problemas sanitarios. Si bien decimos que nuestro país no tiene grandes diferencias en su reducido territorio, la forestación nos está demostrando que sí existen diferencias que justifican verificar la existencia de individuos mejor adaptados. Esto no nos impedirá que incidan factores tales como temperaturas extremas extemporáneas (heladas tempranas o tardías, veranillos) o frecuencia de vientos fuertes (que no habíamos notado pues no existían grandes masas boscosas que se opusieran a su avance).

## Conclusiones

Los fitopatólogos y forestadores de las primeras épocas encontraron pocos hongos o insectos en Uruguay asociados a síntomas en *Eucalyptus*, o por lo menos, no se los consideraban capaces de causar daños graves. La idea que la investigación de posibles patologías podía desestimular la forestación hizo que tampoco se incentivara la investigación en esa área.

De ahí aquellas aseveraciones que tantas veces escuchamos que "a los eucaliptos no los mata nada" y \_total siempre rebrotan\_ o \_se recuperan rápidamente\_. Esta visión sin embargo con el transcurso del tiempo fue cambiando forzosamente a medida que la masa forestal fue creciendo.

La planta perdida cobró una gran importancia en la medida en que es pérdida de dinero en varios turnos. Las primeras cosechas de las nuevas plantaciones resaltó la importancia de cada cepa perdida. Es entonces hora de acabar con las frases hechas que conducen a subestimar la importancia de la sanidad. En la medida en que se detecten los problemas a tiempo, la dispersión de los patógenos es más controlable, la toma de decisiones se hace teniendo mejores elementos de análisis y las pérdidas económicas menores.

Características tales como extensión de raíces finas considerada como una característica intrínseca (factor hereditario) del genotipo, están estrechamente relacionadas con el comportamiento nutricional potencial productivo y la capacidad de adaptación a las condiciones de stress ambiental. La distribución y variación estacional de la cantidad de raíces finas en el perfil del suelo se ve como estrechamente relacionada con la capacidad de adaptación de los genotipos a los stress hídricos y térmicos del suelo. Esta característica de los parámetros radiculares tiene elevada heredabilidad y es vital en suelos como los de zona 2.

También es importante recordar que la fertilización no sustituye los efectos benéficos del establecimiento de una buena simbiosis micorrízica desde el vivero. Esto permite un aumento del aprovechamiento de nutrientes por efecto de la simbiosis y de la resistencia a déficits hídricos lo largo de toda la vida del árbol, a través del aumento de volumen suelo explorable por las raíces micorrizadas. También la resistencia a patógenos de suelo es una consecuencia de la presencia física de la simbiosis. Lo deseable sería lograr un equilibrio entre fertilización y simbiosis micorrízica ya que la fertilización con fósforo es necesaria para el establecimiento de la simbiosis, y sin fósforo o con exceso de él, no hay simbiosis.

La selección es la respuesta a la mayoría de estos temas sanitarios; de igual manera no puede existir un programa de mejoramiento genético que no incluya los temas sanitarios.

Esto no puede ser un tema de futuro y no significa que porque la plantación ya esté hecha y la Empresa va a hacer su primera cosecha no deba ser encarada la solución, pues habrán otras plantaciones y cosechas.

No es posible prorrogar la investigación pues pagamos elevados costos a nivel individuo, empresa, forestación y país.

Las respuestas requieren estudios, investigación, tiempo, integración de equipos multidisciplinarios en Uruguay. Recién luego será posible elaborar estrategias coherentes de prevención,- que generalmente son las económicamente rentables - o de control. Solo tendremos las respuestas en el estudio y la investigación local. Podemos introducir técnicas, pero las estrategias las debemos desarrollar nosotros.

Como punto final a esta síntesis sobre la sanidad en Eucalyptus en la zona 2 señalamos, de acuerdo a nuestra experiencia, las especies fúngicas asociadas a daños importantes.

*Botryosphaeria dotidea*; die back

*Inonotus splitgerberii vel affinis*; pérdidas de vigor, muerte del árbol de primer turno; daños y muerte de cepas y rebrotes

*Phellinus aff. Varius*; pérdida de vigor, muerte de árbol de primer turno, daños y muerte de cepas y rebrotes

*Mycosphaerella suberosa* ; daños en brotes y ramillas, muerte de hoja , brotes y ramillas.

*Mycosphaerella marksii*; mancha foliar y muerte de hoja juvenil

*Mycosphaerella swartii*; mancha foliar y muerte de hoja juvenil

*Crytosporiopsis eucalyti*; mancha foliar , muerte de hoja juvenil, cancritos en ramas y brotes

*Pestalotiosis guepini* ; en los aislamientos color rosa, muerte de árboles de hasta 3m de altura.

*Cylindrocarpon spp.*; daños en plantas jóvenes y rebrotes

*Verticillum sp*; daños en rebrotes

*Collectotrichum gloesporioides*; cancritos en plantas jóvenes y rebrotes

*Puccinia psidii*; muerte de hojas, brotes y ramillas.

## **Referencias bibliográficas**

Bettucci, L ; Saravay, M. 1993. Endophytic fungi of *Eucalyptus globulus*; a preliminary study. Mycol. Res. 97(6); 679-682.

Browning J.A. 1980. Genetic protective mechanism of plant-pathogen populations; their coevolution and use in breeding for resistance, Texas Agric. Sta.College Station, TX. pp 52-75.



## VII. PODREDUMBRES EN ARBOLES EN PIE EN PLANTACIONES DE *E. globulus* DE LA ZONA SUR DE URUGUAY. AVANCES EN LA INVESTIGACION Y VIAS DE BIOCONTROL

Lina Bettucci<sup>12</sup>

Podredumbres causadas por Hymenomycetes han sido detectados en el Uruguay en plantaciones viejas de *Eucalyptus* spp. en pie causadas por *Laetiporus sulphureus*, un hongo que produce podredumbre castaña (Bettucci & Guerrero, 1971; Saravay, 1991; Gazzano, 1998). Pero en los últimos años, con el incremento del área forestada ha surgido un nuevo problema de podredumbre de árboles en pie en plantaciones jóvenes de *Eucalyptus globulus*. Esta podredumbre provoca daños que representan un problema significativo en las zonas forestadas fundamentalmente de la región sur-sureste del país y con menor incidencia en el litoral oeste. Una estimación preliminar en estas zonas indica que en algunas plantaciones del sur-sureste están afectados ca 8-15 % de los árboles. En tanto en el litoral oeste la incidencia es aproximadamente del 5%.

El síntoma está caracterizado, en general, por un achatamiento unilateral del tronco en donde se observa una lesión de magnitud variable. Es probable que la casi siempre presente discontinuidad de la corteza en la zona lesionada haya sido la vía de entrada del hongo que provoca la podredumbre. Las columnas de decoloración y podredumbre observadas son, en muchos casos lo suficientemente grandes como para provocar un debilitamiento del tronco y explicar su quebradura y vuelco. La velocidad de colonización del tronco principal es alta dado que en pocos años alcanza un alto porcentaje del fuste. En aquellos árboles que han caído pueden observarse fructificaciones en el tocón (que, no obstante, en algunos casos desarrolla rebrotes) como así también en la porción mayor tumbada. Esta podredumbre está asociada en todos los casos observados con *Inonotus splitbergi* (Mont.) Ryv. (Ryvarden, com. pers.), un Hymenomycetes de la podredumbre blanca. Este hongo tiene la capacidad de producir un gran número de esporas por fructificación, que de ser viables un alto porcentaje de ellas, pueden representar un riesgo en virtud del alto potencial de inóculo presente en el medio. Especies de este género provocan síntomas semejantes en otras especies arbóreas de latifoliadas (Schwarze *et al.*, 2000). En particular, un problema semejante asociado a *Inonotus rheades* se ha presentado en plantaciones de *Eucalyptus* spp. localizadas en el sur de Brasil (Castro & Krugner, 1982; 1984) donde ha resultado un problema importante.

Se sabe que las enfermedades de los árboles son mejor concebidas como síndromes que resultan de la interacción entre una amplia variedad de factores. Está ampliamente aceptado que los factores externos de estrés afectan adversamente el funcionamiento de una planta y pueden llegar a ser las condiciones predisponentes que conducen a la podredumbre.

Si bien no hay muchos datos sobre la naturaleza saprotrófica o patogénica de los Hymenomycetes parece ser que la mayor parte de estos hongos invaden los árboles a través de discontinuidades en la superficie producidas por heridas o áreas debilitadas del árbol (Mercer, 1982; Rayner & Boddy, 1988; Schwarze *et al.*, 2000). Las heridas pueden corresponder a zonas de abscisión natural de las ramas o en algunos casos los hongos son endófitos y por razones no aun bien esclarecidas comienzan a desarrollarse, colonizar comenar el proceso de podredumbre (Boddy, 1994; Bettucci, & Saravay, 1993; Bettucci & Alonso, 1997; Bettucci *et al.*, 1997; Bettucci *et al.*, 1999 a; Bettucci *et al.*, 1999 b). También pueden ser provocadas por fuego, insectos u otros animales o bien por factores abióticos.

---

<sup>12</sup> Laboratorio de Micología, Facultad de Ciencias- Departamento de Bioingeniería de la Facultad de Ingeniería. Facultad de Ingeniería

Sin embargo, algunos Hymenomycetes son capaces de entrar en árboles sin heridas haciéndolo fundamentalmente a través de las raíces como, por ejemplo, *Armillaria* y *Ganoderma lucidum*). Algunos de ellos entran por las raíces muertas o moribundas y progresan por los tejidos vivos del tronco mientras que otros entran por raíces sanas directamente como patógenos.

En el intento de controlar de la manera más adecuada la presencia de podredumbre causada por *Inonotus* en árboles de *E. globulus* en pie se plantearon algunas preguntas cuya respuesta permitiría comprender varios aspectos: 1) la historia de esta especie en el país, 2) la producción del inóculo y su viabilidad, 3) la vía de ingreso del inóculo - que conduce a plantearse el tipo de estrategia que tiene el hongo-, 4) la velocidad de colonización de la madera por el hongo, 5) la vía de egreso del hongo, 6) la especificidad del hongo por el hospedante.

Algunas respuestas aproximativas producto de resultados preliminares se exponen a continuación.

1) *Inonotus* estaba presente en especies de *Eucalyptus* en el país mucho antes que se la atendiera por el problema que está causando. Este hongo había sido colectado por lo menos desde 1972 de plantas de *Eucalyptus* introducidas en Bañado de Medina. Recientemente se lo colectó a partir de una compuesta arbustiva en la quebrada de los Cuervos Además, en el sur de Brasil las especies de *Inonotus* son frecuentes sobre varias especies de latifoliadas incluso la especie que fue identificada sobre en el Uruguay sobre *Eucalyptus globulus*, *E. maidenii* y *E. grandis*. Se está en vías de ratificar o rectificar la identidad de la especie a partir de la comparación fenotípica y molecular con el material tipo de la especie asignada.

2) Esta especie produce gran cantidad de esporas, aun fructificaciones ya deterioradas contienen un buen número de esporas. Lamentablemente las esporas no germinan en medios de cultivos habituales. Ya se han ensayado varios medios sin resultados positivos y se está en la búsqueda del medio de cultivo y otras condiciones que puedan incidir en su germinación. Esto permitiría evaluar, entre otras cosas, la homogeneidad u heterogeneidad de las poblaciones de esta especie y efectuar las inoculaciones experimentales de una manera similar a la que ocurre en la naturaleza, entre otras investigaciones.

3) De acuerdo con las observaciones realizadas en cortes transversales de árboles que presentaban una marcada lesión y una podredumbre basal asociada con el hongo sería presumible que la vía de ingreso del hongo fuera a través de una herida. Se instalaría en el duramen colonizando, produciendo columnas de decoloración y de podredumbre. Este hongo tendría una estrategia de tipo *S* (estrés tolerante) es decir adaptados a colonizar bajo condiciones de alto estrés tales como la falta de recursos fácilmente asimilables, la presencia de compuesto inhibidores y condiciones inusuales de aireación, que excluyen a otros hongos Estas condiciones tienen para este tipo de estrategias la ventaja que los tejidos del duramen no están saturados de agua. Esta es la modalidad mas frecuentemente observada. Pero también se ha observado cuñas de podredumbre de albura asociada a pequeñas heridas, en partes altas del tronco no asociadas a fructificaciones pero que el micelio emergente de la zona de podredumbre, luego de colocar los cilindros cortados del tronco en cámara húmeda. El micelio obtenido en cultivos puros resultó ser idéntico al de *Inonotus*. Esto no excluye que también se hayan aislado otros Hymenomycetes, en otras heridas semejantes. Es evidente que estos datos cualitativos reflejan que existirían dos modalidades de ingreso directamente al duramen a través de heridas significativas y a través de la albura lesionada. Un daño a la albura, debido a distintos factores que destruyan su funcionamiento normal, hace posible su colonización saprotrófica. En el caso de *E. globulus* pequeñas lesiones en la corteza provocan la disfuncionalidad de la albura. La lesión de la albura produce una alteración de su funcionamiento normal y así pueden crearse condiciones que permiten la colonización de hongos. Efectivamente, estos daños resultan en el enriquecimiento en nutrientes previamente inaccesibles que rápidamente se hacen disponibles para la colonización saprotrófica.

Debe tenerse en cuenta que las condiciones de la albura funcional son hostiles al desarrollo del micelio ya que está saturada de agua y posee una cantidad muy limitada de sustratos asimilables ya que están secuestrados en las células vivas del parénquima. Una observación frecuente es que el tamaño de una columna de podredumbre o decoloración está directamente relacionada con la severidad de la herida.

4) Si bien aun no se han realizado inoculaciones experimentales se presume que la velocidad de colonización de la madera por el hongo es alta, si se tiene en cuenta que se han observado columnas de podredumbre hasta algunos pocos metros por debajo del ápice en árboles de 7-8 años. Este hecho puede indicar que las condiciones de expansión del hongo se han visto favorecidas por condiciones propias de la planta y condiciones ambientales favorables para el hongo y a su turno desfavorables para la planta.

5) El hongo, luego de colonizar un volumen importante de madera y degradarla, produce fructificaciones, en general numerosas, en la zona de la herida por donde presumiblemente pudo haber ingresado. También se han observado fructificaciones sobre tocones de árboles cortados y sobre el extremo que permanece aun adherido al suelo de árboles quebrados.

6) Esta especie ha sido encontrada en *E. globulus*, *E. maidenii* y *E. grandis* además, tal como se mencionara, tiene otro hospedante en el país y muy probablemente varias especies mas de latifoliadas. Este hecho hace que la fuente de inóculo sea más amplia que la prevista inicialmente.

Los productos químicos para el control de diferentes especies fúngicas que constituyen un problema fitosanitario en especies arbóreas han sido utilizados con éxito limitado, hecho que ha llevado a desafíos en la búsqueda de organismos antagonistas, producción y formulación de agentes de control biológico. Las limitaciones en el uso de productos químicos como medio de control se relacionan con: 1) la posible resistencia desarrollada por los organismos patógenos o que constituyen un problema, 2) la ineficiencia para controlar ciertos organismos que por su estrategia de vida no son claramente sensibles a uno o varios productos, 3) la ineficiencia de su aplicación en plantaciones muy extensas, 4) los riesgos que conlleva su uso en el medio ambiente, 5) los posibles efectos sobre rebrotes y 6) los costos económicos.

Por ello, el uso exclusivo de productos químicos para controlar a estos hongos ha sido sustituido por el uso combinado de productos químicos y agentes biológicos, en los cuales los productos químicos se aplican con el inóculo del organismo antagonista obtenido con procedimientos culturales apropiados y formulaciones compatibles (Scopes & Ledieu, 1979). Los estudios sobre control biológico centrados en organismos activos como antagonistas han progresado fundamentalmente en los últimos 40 años y han estado orientados sobre todo al control de enfermedades de cultivos agrícolas pero también, aunque en menor proporción, hacia las especies forestales. La eficiencia del uso de organismos como agentes de control biológico ha aumentado en la medida en que se ha ido efectuando una buena selección, que las condiciones de producción del inóculo y de formulación para su aplicación se fueron ajustando a las exigencias de las condiciones naturales (Schoeman *et al.*, 1999).

El uso de organismos de biocontrol se basa en la capacidad saprofítica competitiva que sean capaces de expresar los hongos antagonistas en las condiciones donde se los va a aplicar alterando el balance entre antagonista e Hymenomycete a favor del antagonista al aumentar su inóculo potencial y la reducción del Hymenomycete (*Inonotus*, en este caso) (Mercer, 1982). Mediante selección es posible, obtener organismos con alta capacidad saprofítica competitiva, es decir, con alta velocidad de crecimiento, capaces de capturar nutrientes del sustrato con eficiencia, con tolerancia a ciertos factores de estrés, con capacidad de producir metabolitos antibióticos y que sean capaces de micoparasitar al hongo a controlar (Bettucci, *et al.*, 1989). Algunos hongos pueden poseer todas estas capacidades o alguna de ellas (Schoeman *et al.*, 1999; Lupo, 1992; Lupo *et al.*, 2002). Así, por ejemplo, se considera que el control con *Trichoderma* spp. es transitorio y su utilidad es a corto plazo (Morris *et al.*, 1992; Schoeman *et al.*, 1999). Efectivamente, el inóculo debe estar presente en el recurso a controlar por encima del 60% para ser efectivo, por lo que debe seguirse el proceso y efectuar reinoculaciones si es necesario. Por otra parte, si los hongos de la podredumbre están presentes antes del tratamiento con el antagonista solo es esperable

una bioprotección pero si no lo está es probable que exista biocontrol total sin necesidad del uso adicional de productos químicos (Tucker *et al.*, 1997). Uno de los hongos más exitosos como agente de biocontrol es *Trichoderma* spp. ya que es capaz de producir hifas, clamidosporas y conidios, como propágulos (Harman & Kubicek, 1998). Las clamidosporas tienen una mayor ventaja frente a los otros tipos de propágulos producidos. Desarrollan una pared más gruesa que les permite ser más resistentes en condiciones adversas de germinación como las encontradas a nivel de campo.

Las estrategias utilizadas para la producción de propágulos son diversas. Los estudios han sido realizados en fermentación líquida y también en fermentaciones sobre sustrato sólido empleando diferentes hongos y diferentes medios. De la misma forma se han variado las condiciones de operación a fin de maximizar la eficiencia de la producción de propágulos viables, siendo esta etapa de optimización del proceso de un gran valor potencial en la producción de inóculo (Roussos, 1987). La fermentación líquida puede ser realizada por distintas técnicas que permiten manipular las variables de control, así como también permite un mejor diseño y escalado de las variables de interés. La cantidad y calidad del inóculo ha mostrado estar directamente relacionada con el medio utilizado para su producción, de allí que su selección sea un punto crítico en el proceso tan importante como la formulación adecuada para su aplicación.

A partir de los antecedentes y marco teórico antes expuestos se procedió a desarrollar un conjunto de actividades con el propósito de obtener cepas eficientes para el biocontrol de *Inonotus*.

- 1) La primera etapa en el proceso de producción de inóculo consistió en la selección de cepas. Para ello se evaluó la capacidad de sobrecrecimiento, de producción de metabolitos, micoparasitismo sobre medio de cultivo.
- 2) Las cepas que presentaron mayor capacidad saprofitica competitiva fueron evaluadas sobre madera tratando de simular las condiciones naturales. Para ello se inocularon segmentos de madera con las cepas previamente seleccionadas por su competitividad en medio de cultivo y se evaluó su actividad antagónica frente a *Inonotus* mediante la determinación de la pérdida de peso.
- 3) Los propágulos de la cepa seleccionada se produjeron a mayor escala en fase líquida. Esta etapa consistió en seleccionar la composición de medios de cultivo y las condiciones de pH, aireación y tiempo requerido para la óptima producción de propágulos viables.
- 4) Los propágulos fueron secados y se evaluó la viabilidad a distintos tiempos.
- 5) Se formuló el inóculo, teniendo en cuenta el sustrato (cepa) y las condiciones ambientales.
- 6) La evaluación de la efectividad del biocontrol luego de dos aplicaciones aun está en proceso.

Todas las etapas serán eventualmente ajustadas y/o modificadas de acuerdo con los resultados que se obtengan luego de la aplicación a campo de los propágulos formulados.

Un aspecto fundamental de este proceso es la evaluación económica a fin de contar con datos que aseguren la rentabilidad del producto para las empresas interesadas en su utilización.

#### **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:**

- Bettucci, L. & Guerrero, R. 1971 - Hongos xilófagos: Estudio de cultivos *Boletín de la Facultad de Agronomía* 118: 1-40.
- Bettucci, L & Alonso, R., 1997 - A comparative study of fungal populations in healthy and symptomatic twigs of *Eucalyptus grandis* in Uruguay. *Mycological Research* 101: 1060-1064.

- Bettucci, L., Alonso, R. & Fernández, L., 1997 - A comparative study of fungal populations in healthy and symptomatic twigs and seedlings of *Eucalyptus globulus* in Uruguay. *Sydowia* 149 :109-117.
- Bettucci, L., Alonso, R. & Tiscornia, S., 1999 a - Endophytic mycobiota of healthy twigs assemblage of species associated with twig lesions of *E. globulus* and *E. grandis* in the central west region of Uruguay. *Mycological Research* 103 : 486-472.
- Bettucci, L., Alonso, R. & Tiscornia, S., 1999 b - Estudio fitopatológico en plantaciones de *Eucalyptus* spp. Informe técnico. Convenio EUFORES-UR
- Bettucci, L. & Saravay, M., 1993 - Endophytic fungi of *Eucalyptus globulus*: a preliminary study. *Mycological Research* 97: 679 - 682.
- Bettucci, L. Lupo, S. & Silva, S. 1989 - Control growth of wood-rotting fungi by non volatile metabolites from *Trichoderma* spp. and *Gliocladium virens*. *Cryptogamie-Mycologie* 9 :157-165.
- Castro, H.A. & Krugner, T.L. 1982 - Incidencia de apodrecimiento de cerne em árvores vivas de *Eucalyptus* na regio de Guaiba, R.S. *Summa Phytopathologica*, 8:3-11.
- Castro, H.A. & Krugner, T.L. 1984 - Microorganismos asociados á podridao do cerne de árvores vivas de *Eucalyptus* spp. na regio de Guaiba, R.S. *Fitopatologia Brasileira*, 9:227-232.
- Gazzano, S. 1998 - Notas sobre Basidiomycetes xilófilos del Uruguay. VIII. Registro de Phyllophorales y sus sustratos arbóreos. *Comunicaciones Botánicas del Museo de Historia Natural de Montevideo*, VI (109):1-12.
- Harman, G.E. & Kubicek , C.P. 1999 - *Trichoderma* and *Gliocladium*. Taylor & Francis. PA (USA) vol II.
- Lupo, S. 1992 - “Selección de cepas de *Trichoderma harzianum* para el control biológico de *Sclerotium rolfsii*” Tesis de Mestría PEDECIBA-Universidad de la República.
- Lupo, S., Dupont, J. & Bettucci, L. 2002 - Ecophysiology and saprophytic ability of *Trichoderma* spp. *Cryptogamie-Mycologie* 23:71-80.
- Mercer, P. C. 1982 – Basidiomycete in decay of wood in contact with ground. *In: Decomposer Basidiomycetes*. Frankland, J. C., Hedger, J. N. & Swift, M. J. (eds) BçCambridge University Press. London, 143-160 p.
- Rayner, A.D.M. & Boddy, L. 1988 - Fungal decomposition of wood John Wiley & Sons. Chchester, 587 pp.
- Roussos, S. 1987 - Croissance de *Trichoderma harzianum* par fermentation en milieu solide: Physiologie, sporulation et production de cellulases. Etudes et Thesis. ORSTOM.
- Saravay, M. 1992 - Selección de especies antagonistas de *Laetiporus sulphureus* en plantaciones de *Eucalyptus* sp. Tesis de Mestría PEDECIBA-Universidad de la República94 pp.
- Schoeman, M. W., Webber, J. F. & Dickinson, D. J., 1999 - The development of ideas in biological control applied to forest products. *Int. Biodet. Biodeg.* 43 :109-123 Scopes, , N. & Ledieu, M. 1979. Pest and Disease Control Handbook BCPC Publications, Croydon.

Schwarze, F.W.M.R., Engels, J. & Mattheck, C. 2000 - Fungal strategies of wood decay in trees. Springer, Berlin 185pp.

El Laboratorio de Micología agradece enfáticamente a la empresa EUFORES, SA, y a la CSIC-UDELAR por la colaboración prestada en el desarrollo de la presente investigación, cuyos resultados preliminares se han expuesto.

## VIII. INSECTOS QUE VIVEN SOBRE EUCALYPTUS SPP: PRESENTE Y FUTURO

Carlos Morey<sup>13</sup>

### EL PRESENTE

El título viene al caso porque una cosa son los insectos que viven sobre los eucaliptos – o pueden hacerlo en forma oportunista – y otra cosa muy distinta son las plagas de este cultivo.

En términos generales se han hecho listados de las especies que se han encontrado sobre distintos eucaliptos. Estos listados, si bien son la base de estudios posteriores, en sí mismos no aportan demasiado cuando se presentan los problemas.

Es lógico que tanto los técnicos vinculados al sector forestal como los productores, estén relativamente familiarizados con dichas especies, particularmente las más importantes.

Cuando se llevan a cabo emprendimientos forestales es muy raro que se tomen en cuenta los problemas fitosanitarios. Con excepción de las hormigas cortadoras ninguna otra especie es considerada dentro de la planificación inicial.

Para tener un panorama actual de las especies que viven sobre *Eucalyptus spp* y sobre que parte del árbol lo hacen, veamos el Cuadro 1 que se refiere a las especies exóticas.

**Cuadro 1.** Especies exóticas publicadas.

	<b>Especie</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Parte afectada</b>
1	<i>Peryceria purchasi</i> Mask.	Homoptera	Margarodidae	Ramas
2	<i>Saissetia oleae</i> (Brnd)	Homoptera	Coccidae	Ramas
3	<i>Aonidiella aurantii</i> (Mask.)	Homoptera	Diaspididae	Ramas y follaje
4	<i>Hemiberlesia rapax</i> (Comst.)	Homoptera	Diaspididae	Ramas y follaje
5	<i>Ctenarytaina spatulata</i> Taylor	Homoptera	Psyllidae	Follaje/brotación
6	<i>Ctenarytaina eucalypti</i> (Mask.)	Homoptera	Psyllidae	Follaje/brotación
7	<i>Phoracantha semipunctata</i> Fabr.	Coleoptera	Cerambycidae	Fuste y ramas
8	<i>Phoracantha recurva</i>	Coleoptera	Cerambycidae	Fuste y ramas
9	<i>Gonipterus scutellatus</i> Gyll.	Coleoptera	Curculionidae	Follaje/brotación
10	<i>Gonipterus</i> sp.	Coleoptera	Curculionidae	Follaje/brotación

El número de especies exóticas que viven sobre eucaliptos es relativamente pequeño y, más aún, si no referimos a las que realmente alcanzan importancia económica.

Entre ellas son las dos especies de *Phoracantha* y las dos especies de *Gonipterus* las más conocidas y suelen asociarse a daños cuya magnitud en muy pocos casos es verdaderamente conocida.

<sup>13</sup> Dirección General de Servicios Agrícolas - M.G.A.P

Por lo tanto no vamos a hacer aquí un análisis de cuanto se puede perder por los ataques que suelen ocurrir en particular durante sequías prolongadas.

Estas pocas especies suelen ser consideradas de importancia, salvo excepciones, sólo en mérito a sus daños directos y nunca por las consecuencias que puedan tener en el ámbito cuarentenario.

Nuestro país ha adherido a numerosas Resoluciones y Convenciones surgidas de importantes foros internacionales muchas de las cuales hacen referencia directa o indirecta a las plagas forestales. Desde el punto de vista estricto de la protección vegetal es la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria la responsable de actualizar de modo permanente la normativa vigente. Las normas que deben ser aplicadas son cada vez más importantes desde el punto de vista comercial y el nivel de exigencia aumentó considerablemente en los últimos veinte años.

El presente de los insectos exóticos que atacan eucaliptos puede ser resumido de la siguiente forma: son pocas especies; en ocasiones, técnicos y productores, les asignan algún grado de importancia económica; no hay estimaciones de pérdidas en ningún caso; y se les teme más por sus daños directos que por problemas que puedan surgir al tiempo de la comercialización de la madera.

Veamos que ocurre con las especies nativas citadas sobre eucaliptos, información que se resume en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Especies nativas publicadas.

	<b>Especie</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Parte afectada</b>
1	<i>Rugitermes rugosus</i> (Hag.)	Isoptera	Kalotermitidae	Tronco descompuesto
2	<i>Aethalion reticulatum</i> (L.)	Homoptera	Aethalionidae	Ramas
3	<i>Thyrinteina arnobia</i> Cram.	Lepidoptera	Geometridae	Follaje
4	<i>Sarsina violascens</i> Herr.-Sch.	Lepidoptera	Lymantridae	Follaje
5	<i>Passalus punctiger</i> Serv.	Coleoptera	Passalidae	Tronco descompuesto
6	<i>Dyscinetus gagates</i> Burm.	Coleoptera	Scarabaeidae	Tronco/arbolitos
7	<i>Bostrychopsis uncinata</i> Germ.	Coleoptera	Bostrichidae	Tronco y ramas
8	<i>Xyloprista hexacantha</i> Fairm.	Coleoptera	Bostrichidae	Tronco y ramas
9	<i>Xyletinus brasiliensis argentinus</i> Pic	Coleoptera	Anobiidae	Madera seca
10	<i>Stenodontes spinibarbis</i> L.	Coleoptera	Cerambycidae	Árboles decrepitos
11	<i>Eurymerus eburioides</i> Serv.	Coleoptera	Cerambycidae	Tronco y ramas *
12	<i>Retrachyderes thoracicus</i> (Oliv.)	Coleoptera	Cerambycidae	Tronco y ramas *
	<b>Especie</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Parte afectada</b>
13	<i>Oncyderes dejeani</i> Thoms.	Coleoptera	Cerambycidae	Ramas pequeñas
14	<i>Platypus sulcatus</i> Chap.	Coleoptera	Platypodidae	Árboles vivos
15	<i>Acromyrmex hispidus</i> Santschi	Hymenoptera	Formicidae	Plantación
16	<i>Acromyrmex lundii</i> Guer.	Hymenoptera	Formicidae	Plantación
17	<i>Acromyrmex heyeri</i> Forel	Hymenoptera	Formicidae	Plantación
18	<i>Acromyrmex striatus</i> Roger	Hymenoptera	Formicidae	Plantación
19	<i>Atta sexdens piriventris</i> Santschi	Hymenoptera	Formicidae	Plantación
20	<i>Atta wollenweideri</i> Forel	Hymenoptera	Formicidae	Plantación



\* Troncos y ramas en árboles: muy estresados, muertos y/o cortados recientemente.

Exceptuando a las hormigas cortadoras que constituyen un factor limitante a la hora de plantar, las especies nativas no son consideradas como problema para la producción forestal.

Si bien es cierto que estas especies son parte del bosque nativo como parte de su ecosistema, no es menos cierto que algunas especies se están adaptando a la enorme masa de alimento que les proporcionan los cultivos.

También es verdad que no todas las especies se adaptan con la misma rapidez, y que no todas tienen la misma importancia. La gran mayoría de las especies nativas que viven sobre eucaliptos no se han presentado hasta el presente como plagas y, cuando ha ocurrido, ha sido en forma aislada y durante el breve período de una sola generación.

Existen importantes razones para que las plagas nativas se comporten de esta forma. En primer lugar hay una verdadera e inequívoca preferencia por hospederos de la flora indígena. Esta preferencia – producto de miles de años de coevolución – hace que la invasión desde los árboles nativos hacia las plantaciones con especies exóticas se torne un suceso extraordinario. Sin embargo la más importante razón radica en que los insectos nativos se encuentran permanentemente controlados por diferentes tipos de agentes biológicos de control: desde enfermedades a virus hasta otros insectos, a los cuales llamamos parasitoides.

Esta importantísima relación se manifiesta plenamente en las escasas ocasiones en que alguna de las especies nativas se comporta como plaga.

La explicación de por qué ocurren explosiones poblacionales de plagas exóticas radica en la condición inversa de lo que pasa con los insectos nativos; las especies exóticas colonizaron estos territorios sin venir acompañados por sus controladores biológicos y ésta, es la explicación de su éxito.

El hombre actúa en ocasiones de forma ingenua y busca un controlador que solucione una situación que, en el sitio de origen, está resuelta por una diversidad de interrelaciones biológicas difícilmente reproducibles. No obstante, hay especies de agentes de control biológico capaces de tener un comportamiento muy importante en la contención de tales explosiones demográficas. Tal vez, por ser muy conocido, el ejemplo de *Anaphoidea nitens* Gir., un parasitoide de las ootecas de *Gonipterus*, debe ser destacado por los altos índices de control que mantiene sobre su hospedero.

De alguna manera estamos queriendo decir que el uso racional de agentes de control biológico es una alternativa que ha sido poco explotada y que hay mucho para hacer sobre este tema.

Por los diferentes conflictos que se pueden plantear, el uso de productos biocidas, no es recomendable salvo en casos muy específicos donde su impacto ambiental es poco significativo o nulo.

Un caso muy poco común en la literatura entomológica se refiere al control ejercido por una especie de parasitoide nativo sobre una plaga exótica. Tal es el caso de *Liobracon macula* Brullé, un himenóptero de la familia Braconidae que, durante los meses de verano, controla eficazmente un importante número de larvas de *Phoracantha spp.*

En resumen las especies nativas no han tenido – por lo menos hasta el presente – un comportamiento que haga temer fenómenos semejantes a los que ocurren cuando se trata de especies exóticas.

## EL FUTURO

Luego de esta reseña sobre la situación actual desearía mostrar la otra cara de los insectos que viven sobre eucaliptos. Si las especies de insectos que hemos mencionado sólo han sido tomadas en cuenta como consecuencia de sus daños directos, las especies que pueden presentarse después de la cosecha han sido completamente ignoradas.

Algunas de las especies que hemos citado, nativas o exóticas, tienen serias restricciones para la comercialización de la madera debido a requisitos cuarentenarios de los países compradores. Países productores de eucaliptos no van a comprar madera en Uruguay siempre que esto les signifique un riesgo. Incluso, aquellos que no lo son, pueden desear no ser invadidos por una plaga para una especie que utilizan como ornamental. Cada país puede esgrimir sus propios argumentos habida cuenta de que no se manifieste de que se está utilizando como una barrera no arancelaria.

La mejor defensa que puede hacer cualquier país para proteger la comercialización de su producción agrícola, es tener una sólida organización fitosanitaria que comprenda: desde la investigación hasta los servicios de cuarentena. En este caso la condición recíproca es más importante todavía: para que no entren especies perjudiciales a nuestra silvicultura, también es muy importante el fortalecimiento de esa misma amplia gama de actividades.

Esto que parece fácil, lamentablemente no es así. De todos los insectos mencionados que viven sobre eucaliptos, solamente fueron estudiadas las especies de *Phoracantha*. No es fácil pelear contra un enemigo desconocido. Nos ha resultado más fácil copiar lo que se hace en otras partes que generar nuestro propio conocimiento. Si bien en muchos casos la información producida en áreas remotas es valiosa y permite manejar el problema, no es lo mismo. Pongo el siguiente ejemplo: Durante años *Phoracantha semipunctata* fue el taladro más importante de los eucaliptos. Competían con esta especie unos pocos taladros nativos sin llegar a ser nunca un problema. A principios de los años 90 apareció una nueva especie: *Phoracantha recurva*. Esta nueva especie demostró una gran capacidad competitiva y el territorio que costó 70 años colonizar a la primera especie fue cubierto por la nueva en menos de una década. Esto implica características biológicas diferentes y plantea la siguiente pregunta ¿son los daños de *P. recurva* de la misma magnitud que los de *P. semipunctata*?

El ejemplo que hemos citado hace referencia a la necesidad de robustecer muchas áreas que, siendo de gran importancia en el momento de hacer los negocios, no son tomadas en cuenta hasta que la necesidad las hace imprescindibles.

En los tiempos que corren dos componentes de todo esto son difíciles de encontrar: los recursos y las personas que, habiendo hecho una carrera universitaria, prefieren destinos más lucrativos que la investigación en problemas fitosanitarios. De todo esto surge una visión no muy optimista, sin embargo, si se crean las oportunidades también aparecen las soluciones. Creo que a nuestro país le hace falta pensar en plazos más largos. Si los objetivos están bien definidos es posible decidir cual es el mejor camino. ¿Es la producción forestal un objetivo a largo plazo? Si la respuesta es afirmativa no queda otra cosa que hacer que definir los recursos necesarios para tener los mejores técnicos dedicados a su desarrollo. Y lo que empieza en un proyecto no termina con la cosecha, termina cuando la madera llega a destino en las condiciones que estableció el comprador.

### **Algunos problemas postcosecha**

Desde que se cortan los árboles y se define el sitio donde se va a almacenar la madera producida, ocurre que varias especies de insectos pueden atacarla. En este último momento es en el que menos se piensa cuando se van a plantar árboles.

Lo que ocurre durante ese período que va desde la cosecha hasta el embarque depende de: época de cosecha, procedencia de la madera, condiciones del sitio de acopio hasta el embarque y, el tiempo que la madera permanecerá sin moverse en cada sitio.

Si la cosecha se produce entre mayo y setiembre y la madera es embarcada rápidamente, prácticamente no es previsible que ocurra ningún ataque por insectos. Si por el contrario la madera es cosechada entre setiembre y mayo, la probabilidad aumenta y se hace mayor entre diciembre y abril.

La procedencia de la madera puede tener algún significado cuali-cuantitativo en relación con el momento de la cosecha. Aquellos sitios próximos a cultivos frutícolas o bosque nativo, tienen más probabilidad de que reflejen la presencia de algunas especies más fácilmente que las plantaciones alejadas de tales condiciones.

El sitio de almacenamiento puede tener un significado parecido al de la procedencia de la madera aunque su efecto será mínimo si está ubicado en una zona urbana.

El tiempo que la madera esté estacionada es un componente importante para el ataque de especies secundarias, en su mayoría cosmopolitas, pero que seguramente afectarán el precio de acuerdo a las exigencias de calidad del comprador.

Es importante recordar que no es sólo la presencia de insectos vivos el objeto de la búsqueda de las autoridades cuarentenarias. La mera presencia de orificios puede ser utilizada como evidencia de que la madera no cumple con los requisitos, en este caso, de la autoridad sanitaria del país comprador.

Signos como aserrín son una evidencia clara de que existen insectos vivos (larvas y aún adultos) lo que implicará una inspección cuidadosa del embarque en su totalidad.

Otro aspecto que quisiera tuviesen siempre presente es el que se refiere a las exigencias de Sanidad que cada país propone para garantizar la conservación de su propio status sanitario. El conocimiento de las exigencias de cada país eventualmente comprador de nuestra madera es imprescindible y tal información debería ser un objetivo previsto con mucha antelación al momento de vender la madera. Cada país comprador tiene exigencias de Sanidad y Calidad explícitas para cualquier situación, no importa si la madera se exporta en rolos, tablas o chips; como sea que se pretenda exportar, el país comprador tiene exigencias que hará cumplir. A estas exigencias en muchos casos se suma las del propio comprador.

Aunque uno pueda pensar en que todo esto se puede arreglar a último momento, estimo que no es conveniente ni prudente dejarlo para el final. Es posible que se planteen casos donde la sorpresa puede ser mayor de lo imaginable.

Para terminar les cuento una anécdota de un caso reciente. Una empresa uruguaya vende madera de eucalipto en rolos a un país del Mediterráneo. Imprevisiblemente, el comprador solicita que en el Certificado Fitosanitario de Origen debe constar que el país está libre de *Phoracantha*. Sin contar las cosas que pasaron entre esto y el final, el asunto terminó con un tratamiento innecesario de la madera cuyo costo no pudo ser imaginado. Lo grave es que *Phoracantha* está en todo el Mediterráneo, desde Israel hasta Portugal y no hay ningún argumento cuarentenario válido para que ni el comprador ni las autoridades Fitosanitarias de su país plantearan tal exigencia.

## BIBLIOGRAFÍA

Ruffinelli, Agustín. Insectos y otros invertebrados de interés forestal. Silvicultura (Urug.) 17(25):5-78. 1967.

