

EVALUACION SANITARIA, PRODUCTIVA Y DE PROPIEDADES DE MADERA DE DIFERENTES ORIGENES DE *Eucalyptus globulus* A LOS 11 AÑOS

Gustavo Balmelli ¹, Fernando Resquin ², Nora Altier ³, Virginia Marroni ⁴

Introducción

La madera de *Eucalyptus globulus* presenta gran demanda en el mercado internacional para la producción de pulpa y papel, lo que ha llevado a que esta especie sea la de mayor área plantada en Uruguay, con más de 250 mil hectáreas (Boletín Estadístico MGAP, 2005).

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 agro-ecológicas o de tolerar las principales enfermedades y plagas.

Desde el año 1990 el Programa Nacional Forestal (PNF) del INIA ha venido instalando ensayos de *E. globulus* en varios sitios con el objetivo de evaluar el comportamiento de diferentes fuentes de semilla. Se presentan en este artículo los resultados obtenidos hasta los 11 años de crecimiento en una Prueba de Progenies de diferentes orígenes instalada en Marmarajá, Departamento de Lavalleja. Se evalúa el comportamiento sanitario, productivo y de algunas propiedades de la madera para la producción de pulpa.

Características del ensayo y orígenes evaluados

El ensayo fue instalado en Setiembre de 1995, sobre un suelo 2.11^a. La preparación del suelo se realizó en fajas con excéntrica y cincel. El marco de plantación utilizado fue de 3 metros entre filas y 2.5 metros entre plantas, lo que representa una densidad inicial de 1333 árboles por hectárea. No se fertilizó y el único control de malezas posterior a la plantación consistió en la pasada de una excéntrica entre filas.

El diseño experimental utilizado es de bloques completos al azar con 6 repeticiones y parcelas de 10 plantas en línea. Se evalúan 50 progenies provenientes de 13 orígenes. La ubicación geográfica de los orígenes evaluados se presenta en el Cuadro 1 y en la Figura 1.

¹ Ing. Agr. M.Sc. Programa Producción Forestal. INIA Tacuarembó. gbalmelli@tb.inia.org.uy

² Ing. Agr. M.Sc. Programa Producción Forestal. INIA Tacuarembó. fresquin@tb.inia.org.uy

³ Ing. Agr. M.Sc. Ph.D. Protección Vegetal. INIA Las Brujas.

⁴ Ing. Agr. M.Sc. Programa Producción Forestal. INIA Tacuarembó (2003-2004).

Cuadro 1. Ubicación geográfica y número de progenies de cada origen evaluado.

Codigo 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	NE Cape Barren Island	TAS	40.32	148.19	60	1
16474	N of St. Marys	TAS	41.34	148.12	400	1
16863	SW Jericho	TAS	42.25	147.16	500	2
16473	NE 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

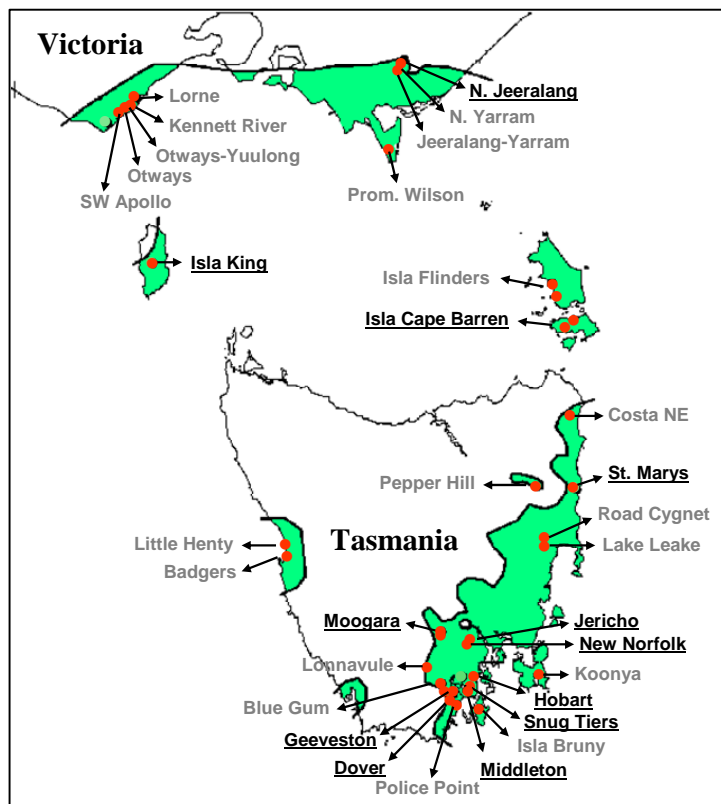


Figura 1. Distribución natural de *E. globulus* y ubicación de los orígenes evaluados por INIA. Los orígenes evaluados en este ensayo son los que están con negritas y subrayados.

Características evaluadas

El comportamiento productivo se ha venido evaluando cada dos años mediante el registro de la sobrevivencia y la medición del crecimiento (altura total y DAP). Con estos datos se calculó el volumen total con corteza, por árbol y por hectárea, utilizándose un factor de forma de 0.4.

El comportamiento sanitario se evaluó en 2003, a los 8 años, por lo que los síntomas correspondían a enfermedades del fuste. Los síntomas evaluados fueron: canchros en la corteza (mediante una escala visual de 1 a 5), lesiones de *Coniothyrium* (escala de 0 o 1), podredumbre blanca (escala de 0 o 1). Se registró además la presencia de rebrotes en el fuste (escala de 0 o 1).

Al octavo año de instalado el ensayo se realizaron evaluaciones de la madera para la producción de celulosa y papel a los siete orígenes de mayor crecimiento.

De cada material genético se seleccionaron árboles tratando de muestrear la variabilidad existente en cuanto al crecimiento dentro del ensayo. Para esto, sin considerar ni los árboles suprimidos ni los de borde, se seleccionaron árboles pertenecientes a tres clases diamétricas: 3 árboles del estrato de menor diámetro, 5 árboles del estrato intermedio y 3 árboles del estrato de mayor diámetro. De cada uno de ellos se extrajeron muestras a diferentes alturas (0, 25, 50, 75 y 100% de la altura comercial).

A partir de las muestras extraídas se determinó (entre otros parámetros) la densidad básica, el rendimiento depurado, el consumo de madera y fue estimada la producción de celulosa por hectárea. Para este cálculo se utilizó la evaluación de crecimiento al año 11 y las determinaciones de las propiedades de la madera al año 8.

Resultados

Comportamiento sanitario

En el Cuadro 2 se presentan los valores promedio de incidencia (porcentaje de árboles afectados sobre el total de árboles vivos) de cada síntoma, en este ensayo y en 2 réplicas del mismo instaladas en las zonas Norte y Litoral Oeste.

Cuadro 2. Valores medios de incidencia (en %) para diferentes síntomas en tres zonas.

Departamento	Canchros*	<i>Coniothyrium</i>	Rebrotes	Podredumbre
Lavalleja	14.2	19.6	12.3	21.2
Rivera	36.4	60.0	19.4	3.8
Soriano	39.6	40.5	24.5	4.8

* Árboles con valores de canchros iguales o mayores a 3.

En general la situación sanitaria en este ensayo es buena, observándose una baja incidencia relativa de enfermedades de la corteza (canchros y *Coniothyrium*) y un bajo porcentaje de árboles con rebrotes en el fuste, lo que demuestra la mejor aptitud de la zona Sureste para la producción de *E. globulus*. Sin embargo, la incidencia de podredumbre blanca (*Inocutis jamaicensis*) fue relativamente baja en las zonas Norte y Oeste (3.8 y 4.8%) y bastante importante en este ensayo (21.2%).

Las enfermedades pueden tener efectos sobre la productividad (provocando desde una disminución del crecimiento hasta la muerte del árbol), sobre los costos de cosecha (al dificultar el descortezado) y sobre la

calidad de la madera. El efecto de cada enfermedad sobre el crecimiento puede deducirse comparando la evolución del DAP de los árboles sanos y de los árboles que presentan síntomas (Figura 2).

En la gráfica puede observarse que, con excepción de los árboles rebrotados, el crecimiento en DAP de los árboles que presentan síntomas de enfermedades es muy similar al de los árboles sanos. En otras palabras, parecería no existir un efecto negativo de las enfermedades evaluadas sobre el crecimiento.

Los rebrotes en el fuste son una respuesta fisiológica del árbol a condiciones de estrés (ocasionadas por condiciones ambientales adversas, por enfermedades o por la combinación de ambos factores), comenzando a aparecer normalmente a partir del cuarto año. Por lo tanto no debería atribuirse a los rebrotes el menor crecimiento al año 3, pero plantea la siguiente interrogante ¿los árboles que luego rebrotaron eran más chicos al tercer año porque ya sufrían algún tipo de estrés, o rebrotaron porque al ser más chicos fueron más sensibles a condiciones posteriores de estrés? Independientemente de que los rebrotes sean causa o consecuencia, su relación negativa con el crecimiento es muy clara.

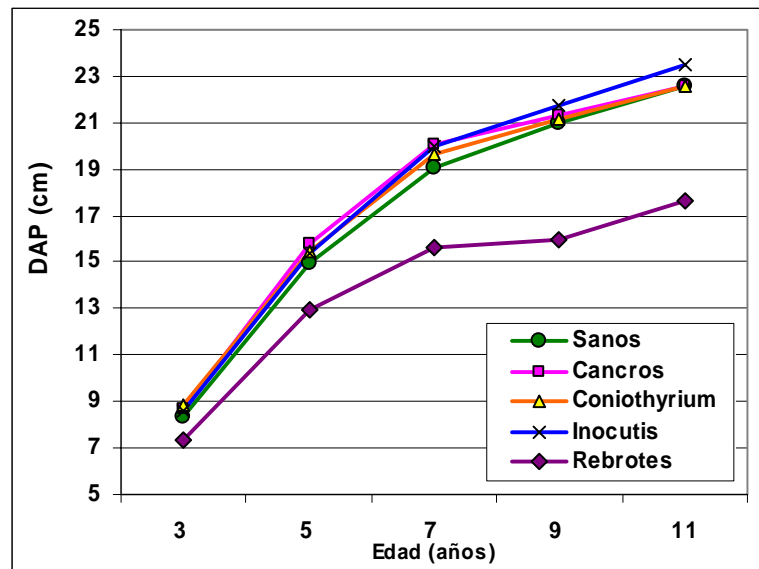


Figura 2. Evolución del DAP de árboles sanos y de árboles con diferentes síntomas.

La muerte de árboles ocasionada por cada enfermedad es más difícil de determinar ya que muchos árboles enfermos pueden haber muerto antes del octavo año, es decir antes de la evaluación sanitaria. De todas formas se puede tener una idea comparando la mortalidad ocurrida entre los 8 y los 11 años, de los árboles sanos y de los enfermos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Mortalidad entre los 8 y los 11 años en árboles sanos y con diferentes síntomas.

Estado sanitario	Árboles Sanos	Con Cancros	Con <i>Coniothyrium</i>	Con <i>Inocutis</i>	Con Rebrotos
% Mortalidad	4.5	10.5	8.7	16.2	39.0

A diferencia de lo observado con el crecimiento, el efecto de las enfermedades sobre la mortalidad es bastante claro. Los árboles que no presentaban síntomas de ninguna enfermedad (árboles sanos), tuvieron entre los 8 y los 11 años una mortalidad de 4.5%, los árboles que presentaban cancros o *Coniothyrium* tuvieron aproximadamente el doble de mortalidad, mientras que los árboles afectados por *Inocutis jamaicensis* tuvieron una mortalidad casi cuatro veces mayor. En este último caso, la mortalidad se debió principalmente al quebrado ocasionado por el viento en la zona del fuste debilitada por la podredumbre.

Nuevamente el síntoma que presenta el efecto más importante es el de rebrotos en el fuste, pudiendo observarse que en solo 3 años murieron casi el 40 % de los árboles afectados. La estrecha relación existente entre la presencia de rebrotos en el fuste con el crecimiento y la mortalidad hacen que la frecuencia de árboles rebrotados sea un buen indicador del estado sanitario de una plantación.

La importancia del genotipo en el estado sanitario puede inferirse de la susceptibilidad relativa de diferentes orígenes a cada enfermedad evaluada (Cuadro 4).

Cuadro 4. Incidencia de diferentes enfermedades del fuste y frecuencia de rebrotos en cada origen (al octavo año de crecimiento).

Código de Origen	Cancros* (%)	<i>Coniothyrium</i> (%)	<i>Inocutis</i> (%)	Rebrotos (%)
16319	0.9	20.4	14.3	0.7
17608	15.2	13.0	19.6	6.5
16415	19.4	23.5	20.6	29.4
16474	8.0	0.0	3.6	28.6
16863	11.9	11.0	13.7	19.2
16473	5.6	10.7	13.9	7.4
17696	23.1	17.9	23.6	20.9
17695	39.7	16.9	21.7	21.7
18027	13.2	27.1	28.6	15.2
16476	17.7	20.5	27.6	9.6
18025	42.9	31.3	31.3	6.3
16864	17.4	20.9	26.1	9.8
16471	26.8	22.0	26.2	19.0

* Árboles con valores de cancros iguales o mayores a 3.

Para todos los síntomas evaluados se observan importantes diferencias entre orígenes. Por ejemplo, para la podredumbre provocada por *Inocutis*, el porcentaje de árboles afectados varía entre 3.6 y 31.3. En otras palabras, las pérdidas ocasionadas por podredumbre blanca (problema más importante en esta zona) se podrían minimizar mediante la utilización de una fuente de semilla adecuada. Sin embargo, ninguno de los orígenes evaluados se destaca por presentar buen comportamiento en todas las características. Por ejemplo el origen 16474 (St. Marys) presenta baja incidencia de cancros, no presenta síntomas de *Coniothyrium* y tiene muy baja incidencia de

Inocutis, pero presenta una muy alta frecuencia de rebrotes. Si bien este origen es bastante tolerante a los principales patógenos, parecería tener algún problema de adaptación al sitio, lo que se manifiesta en la emisión de rebrotes y en la muerte de árboles (la sobrevivencia actual de este origen es de 35%), lo que finalmente redundaría en una baja producción de madera por hectárea (Cuadro 5).

Comportamiento productivo

El ensayo tiene a los 11 años los siguientes valores promedio: DAP 22.3 cm, Altura 23 m, Sobrevivencia 61.5% y Volumen por hectárea (total y con corteza) 338 m³ (lo que equivale a un IMA de 30.7 m³/ha/año). En el Cuadro 5 se presentan los valores obtenidos para cada origen evaluado.

Cuadro 5. Valores medios para DAP, Altura, Volumen individual, Sobrevivencia y Volumen por hectárea al año 11 (volúmenes totales, con corteza).

Origen	DAP (cm)	Altura (m)	Vol/Arb (dm ³)	Sobreviv. (%)	Vol/Ha (m ³)
16319	23.4	24.1	454	79	480
17608	25.2	24.8	556	68	506
16415	19.1	20.3	266	43	154
16474	23.9	24.1	472	35	220
16863	23.4	23.2	445	51	297
16473	21.0	21.8	344	56	262
17695	21.6	22.5	370	58	291
17696	21.3	21.8	351	60	294
18027	22.5	23.2	410	62	337
16476	23.4	23.6	458	51	323
18025	22.8	23.8	427	20	114
16864	22.6	23.8	421	72	405
16471	20.6	22.2	328	51	224

Se observan importantes diferencias entre orígenes, tanto en crecimiento individual como en sobrevivencia. Los orígenes 17608 (Isla King), 16319 (Norte de Jeeralang); 16864 (SE de Geeveston) combinan buenos valores de crecimiento individual y sobrevivencia, por lo que se destacan en productividad por hectárea, alcanzando respectivamente a los 11 años un incremento medio anual (IMA) de 46, 43.6 y 36.8 m³/ha/año. De estos 3 orígenes solo el Jeeralang está formado por un número alto de progenies y por lo tanto los valores obtenidos son, con bastante certeza, representativos del área de origen. Por el contrario, el origen Isla King está representado por una sola progenie, la cual puede o no ser representativa de dicho origen y por lo tanto los valores obtenidos deben tomarse con mucha precaución. Por otra parte, resultados obtenidos en varios ensayos instalados en diferentes sitios han demostrado que de estos 3 orígenes solamente Jeeralang presenta consistentemente una buena producción por hectárea (Balmelli et. al., 2001, Balmelli 2002, Balmelli y Resquin, 2005), por lo que desde el punto de vista productivo es la fuente de semillas más recomendable para plantaciones comerciales en Zona 2.

En la Figura 3 se presenta la evolución del volumen total acumulado para este origen y para el promedio de los demás orígenes. Se observa claramente que la superioridad productiva del origen Jeeralang aumenta con la edad de la plantación, lo cual coincide con evaluaciones realizadas en otras zonas (Balmelli y Resquin, 2005).

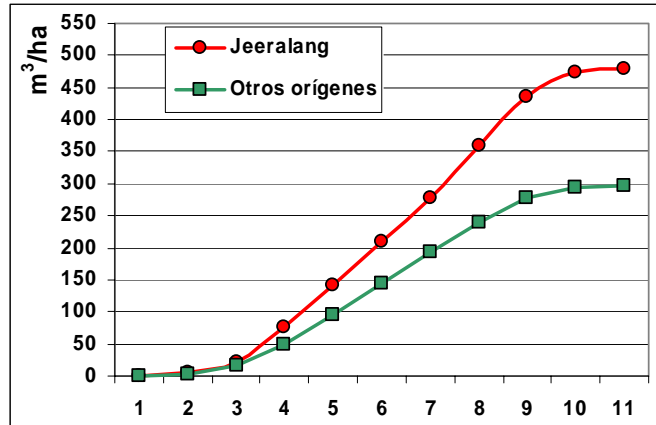


Figura 3. Evolución del volumen total por hectárea (con corteza) hasta el año 11, de Jeeralang y del promedio de los demás orígenes.

Para analizar las causas de esta mayor productividad se presenta, en la Figura 4, la evolución del crecimiento en altura y en diámetro y la evolución de la sobrevivencia del Jeeralang y del promedio de los demás orígenes. Si bien Jeeralang presenta un mayor crecimiento, tanto en altura como en DAP, la diferencia más importante, y que aumenta con la edad, se da en la sobrevivencia. En otras palabras, la mayor productividad del origen Jeeralang se debe principalmente al mayor número de árboles por hectárea que sobreviven hasta la edad de cosecha.

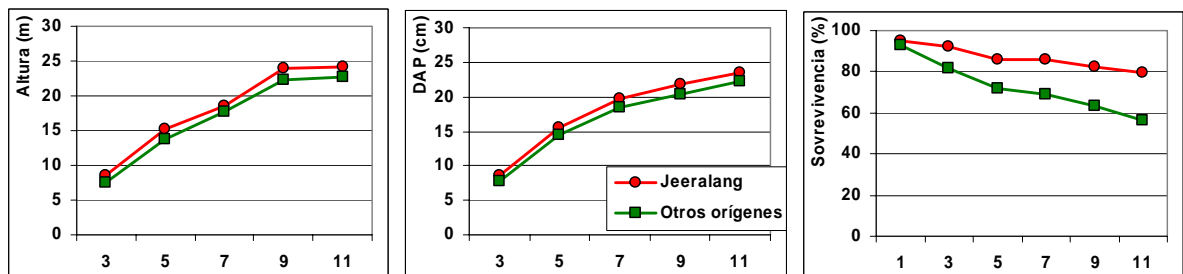


Figura 4. Evolución del crecimiento en altura, en DAP y evolución de la sobrevivencia, para Jeeralang y para el promedio de los demás orígenes.

La sobrevivencia a edad adulta es un buen indicador de la adaptación al ambiente, es decir de la tolerancia tanto a factores abióticos (clima y suelo) como a factores bióticos (malezas, enfermedades y plagas). A lo largo del tiempo todos estos factores interactúan sobre los árboles, siendo muy difícil determinar en última instancia cual es la principal causa de la mortalidad observada. Si bien diferentes enfermedades pueden en casos severos provocar la muerte de individuos afectados, en general se reconoce la estrecha relación que existe entre la falta de adaptación al sitio, el estrés que esto provoca en los árboles y la aparición de problemas sanitarios inducidos o agravados por dicho estrés.

Comportamiento celulósico

El análisis de los resultados obtenidos muestra que existen diferencias entre orígenes para las variables densidad básica, consumo específico, rendimiento y producción de pulpa por hectárea (Cuadro 6).

Los orígenes que presentan la mayor densidad básica son Jeeralang North y S of Geeveston con 0.522 y 0.498 g/cm³, respectivamente. El valor más bajo corresponde al origen Moogara con 0.468 g/cm³. Estos valores de densidad básica asociados a los valores de rendimiento en pulpa determinan que este último origen sea el que muestra el mayor valor de consumo específico (4.0 m³/ton. cel.). El resto de los materiales evaluados presentan valores que oscilan de 3.7 a 3.9 m³/ton. cel.

En términos generales se observa que la menor densidad es compensada por un mayor rendimiento en pulpa de modo que los valores de consumo de madera, salvo para el origen Moogara, son relativamente similares para todos los materiales. De modo general, sucede que maderas más densas presentan paredes de fibras de mayor espesor lo cual dificulta la penetración del licor de cocimiento en comparación con maderas menos densas (fibras con paredes más finas).

Con respecto al rendimiento depurado se observa que a excepción del origen Jeeralang North que presenta el valor más bajo (51.8%), el resto de los materiales muestra valores similares destacándose los orígenes SSE of Geeveston y S of Geeveston con 55%.

Cuadro 6. Valores de densidad básica, rendimiento, consumo específico, producción de pulpa por ha de los orígenes de *E.globulus*

Orígenes		<u>Db.</u> (g/cm ³)	<u>Rend. Dep</u> (%)	<u>Consumo</u> m ³ /ton.cel	<u>Prod. Pulpa</u> (ton/ha)
Jeeralang North.	VIC	0.522	51.8	3.7	129.8
NE New Norfolk	TAS	0.494	52.8	3.9	68.3
Moogara.	TAS	0.468	53.0	4.0	72.9
Snug Tiers RD Sung	TAS	0.487	52.8	3.9	86.7
S of Geeveston.	TAS	0.498	54.9	3.7	88.3
SSE of Geeveston	TAS	0.475	55.0	3.8	105.8
NW of Dover	TAS	0.493	53.2	3.8	58.7

Considerando la producción de pulpa por hectárea, se observa que la mayor diferencia entre orígenes esta determinada por el crecimiento. Por lo tanto, los orígenes de mayor productividad por unidad de superficie son Jeeralang North y SSE of Geeveston, con 129.8 y 105.8 ton/ha, respectivamente. Estos materiales muestran una producción muy superior al origen NW of Dover que es el que presenta el menor valor para este parámetro (58.7 ton/cel). Este parámetro cobra especial importancia en el caso de que la producción de madera esté integrada a la fase industrial ya que combina parámetros silviculturales y de procesamiento de la madera.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este ensayo demuestran que existen importantes diferencias entre orígenes para todas las características analizadas, principalmente en comportamiento sanitario y en crecimiento. Por lo tanto, la correcta elección de la fuente de semilla a utilizar es una clara oportunidad para aumentar la producción de madera a nivel comercial.

Desde el punto de vista productivo, el origen Jeeralang presenta buena sanidad y alta productividad. Desde el punto de vista de las características de madera para pulpa, este origen es el que presenta mayor densidad de madera, pero es también el de menor rendimiento de celulosa. De todas formas es el origen de mayor producción de celulosa por hectárea.

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. 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.; Resquin, F. y Trujillo, I. 2001. Evaluación de fuentes de semilla de las principales especies de *Eucalyptus*. En: Seminario de Actualización en Tecnologías Forestales para Areniscas de Tacuarembó y Rivera. Serie Técnica N° 123. INIA. Montevideo. Uruguay. pp. 67-87.

Balmelli, G. 2002. Avances en Mejoramiento Genético de *Eucalyptus globulus* en el Programa Nacional Forestal del INIA. 3) Evaluación de fuentes de semilla de *E. globulus* en Zona 2. Serie Actividades de Difusión N° 289. pp. 14-25.

Balmelli, G. y Resquin, F. 2005. Evaluación productiva de orígenes de *Eucalyptus globulus* en Zonas Litoral y Norte. Serie Técnica N° 149. INIA. 15p.

Boletín Estadístico MGAP, 2005. <http://www.mgap.gub.uy/Forestal/DGF.htm>

Resquin, F.; De Mello, J.; Fariña, I. Mieres, J.; Assandri, L. Caracterización de la celulosa de especies del género *Eucalyptus* plantadas en Uruguay. Serie Técnica N°. 152. INIA Tacuarembó. 84 p.