
EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE ORÍGENES DE *Eucalyptus globulus* EN ZONAS LITORAL Y NORTE

**Autores: Gustavo Balmelli*
Fernando Resquin***

*Ings. Agrs. M.Sc. Programa Nacional Forestal, INIA Tacuarembó.

Título: EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE ORÍGENES DE *Eucalyptus globulus* EN
ZONAS LITORAL Y NORTE

Autores: Gustavo Balmelli
Fernando Resquin

Serie Técnica N° 149

© 2005, INIA

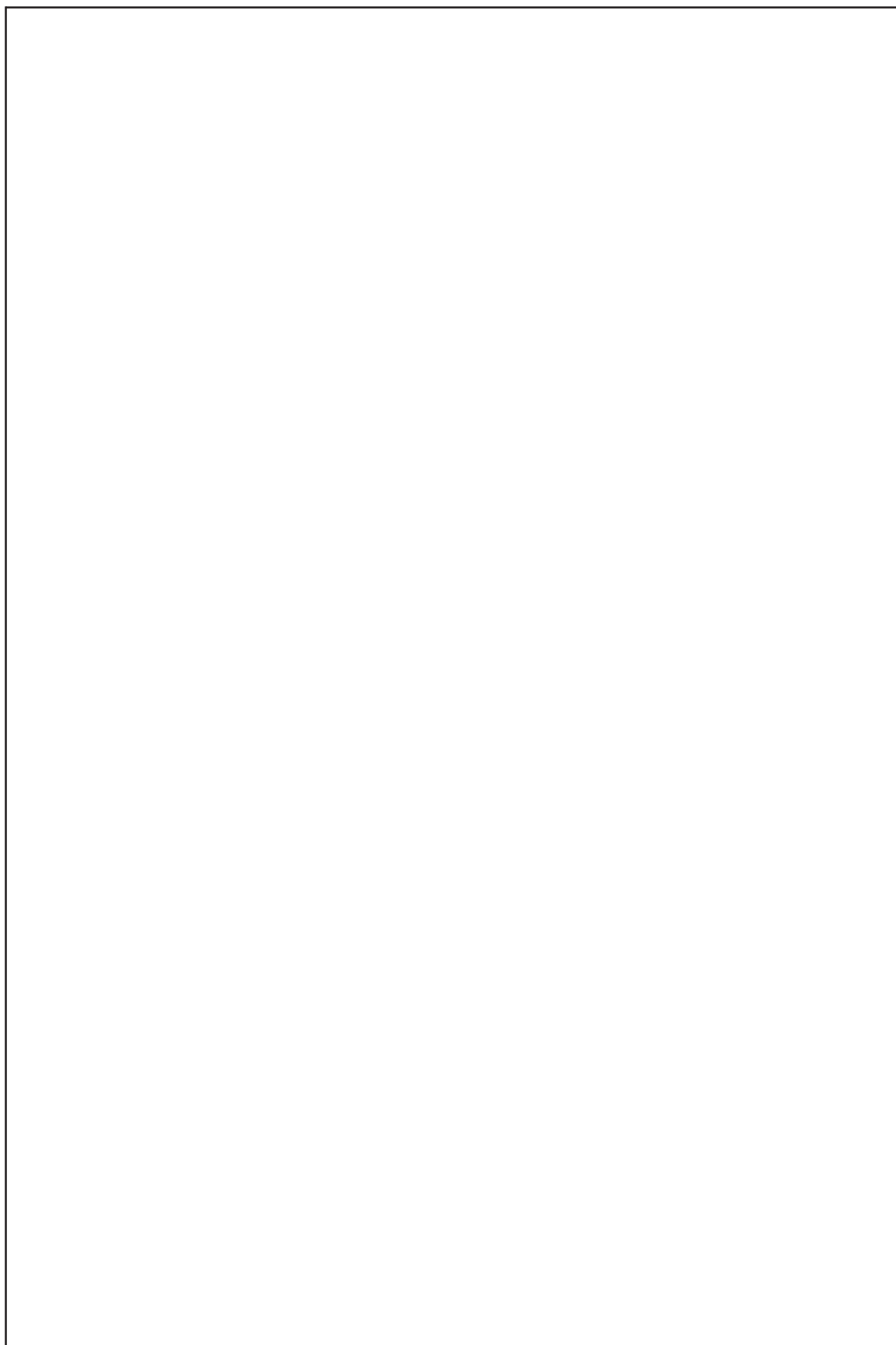
ISBN: 9974-38-206-8

Editado por la Unidad de Agronegocios y Difusión del INIA.
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay
<http://www.inia.org.uy>

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

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	1
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	4
III.1. Comportamiento de los diferentes orígenes en Rivera	4
III.1.1. Evaluación productiva	4
III.1.2. Evaluación sanitaria	6
III.1.3. Evaluación de características de la madera para pulpa	7
III.2. Comportamiento de los diferentes orígenes en Río Negro	8
III.2.1. Evaluación productiva	8
III.2.2. Evaluación sanitaria	10
III.2.3. Evaluación de características de la madera para pulpa	11
IV. CONCLUSIONES	14
V. AGRADECIMIENTOS	14
VI. BIBLIOGRAFÍA	15



EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE ORÍGENES DE *Eucalyptus globulus* EN ZONAS LITORAL Y NORTE

I. INTRODUCCIÓN

El *Eucalyptus globulus* por su excelente madera para la producción de pulpa y papel es una de las especies de *Eucalyptus* de mayor demanda en el mercado internacional. En Uruguay desde comienzos de la década de 1990 se registraron importantes tasas de plantación anual con esta especie, en todas las zonas de prioridad forestal (Dirección General Forestal, 2001). Sin embargo, su falta de adaptación a zonas con escasa influencia marítima, sumado a su susceptibilidad a enfermedades y plagas, han ido desplazando su plantación en los últimos años hacia la región Sureste del país. De todas formas es actualmente la especie forestal más plantada, ocupando un área mayor a las 200 mil hectáreas (Echeverría, 2003; Dirección General Forestal, 2004).

El Programa Nacional Forestal del INIA comenzó sus actividades en 1990 realizando un convenio con las empresas EUFORES y COFUSA para la evaluación de ensayos de orígenes de *E. globulus* instalados en distintos sitios del litoral Oeste y Norte del país. Información preliminar obtenida en dichos ensayos ha sido publicada en la Serie Técnica

ca INIA (N° 68, 103 y 123) y en la Serie Actividades de Difusión (N° 374).

En este trabajo se presenta la evaluación de dos de esos ensayos, uno instalado en Río Negro y el otro en Rivera, a los 11 y 13 años de edad, es decir a edades mayores a las utilizadas comercialmente como edad de corte. Además de productividad, la cual es específica para sitios de características similares, se presenta información sobre el comportamiento sanitario y sobre las características de madera, lo cual brinda una idea bastante clara sobre la adaptación (sobrevivencia y tolerancia a enfermedades) y aptitud para la producción de pulpa (densidad y características pulpables) de diferentes orígenes.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se evalúan dos ensayos de orígenes de *Eucalyptus globulus* instalados en 1990 en los establecimientos: “Molino Petiso” (Tres Bocas, Río Negro) y “Los Silos” (Ruta 27 km 25, Rivera). En el Cuadro 1 se presentan las características más importantes de los ensayos, mientras que la información sobre los orígenes evaluados se presenta en el Cuadro 2 y en la Figura 1.

Cuadro 1. Características generales de los ensayos.

	Ensayo “Molino Petiso”	Ensayo “Los Silos”
Grupo de suelo	9.3	7.31
Diseño experimental	BCA con 6 repeticiones	BCA con 6 repeticiones
Parcelas	36 plantas	36 plantas
Preparación del suelo	Laboreo total	Laboreo total
Densidad de plantación	1111 árboles/ha	1111 árboles/ha

BCA: Bloques Completos al Azar.

Cuadro 2. Orígenes evaluados en Molino Petiso (MP) y Los Silos (LS).

Nº Lote	Localidad	Estado	Lat.	Long.	Alt.	Ensayo			
16474	N.of St. Marys	TAS	41.34	148.12	400	MP			
16417	N. Cape Barren Island	TAS	40.22	148.13	20	MP Y LS			
16399	Wilson's Promontory	VIC	39.08	146.25	50	LS			
16410	Badgers CK Quarry RD	TAS	41.59	145.18	120	MP Y LS			
16404	12.1k S. Lorne PO	VIC	38.36	143.54	200	MP			
16319	Jeeralang North	VIC	38.19	146.33	220	MP Y LS			
16476	S. of Geeveston	TAS	43.12	146.54	250	MP			
16402	5.4k W. Kennett River	VIC	38.39	143.48	250	MP			
16470	Moogara	TAS	42.47	146.55	500	MP Y LS			
16412	Little Henty River	TAS	41.56	145.12	10	MP			
16467	Police Point	TAS	43.15	147.05	250	LS			
?	Toby's Hill	-	-	-	-	MP			
Dr. Wayne (Tasmanian Pulp and Paper Company)						-	-	-	MP Y LS

**Figura 1.** Distribución natural de *E. globulus* y ubicación geográfica de los orígenes evaluados.

El crecimiento (altura y diámetro) y la sobrevivencia fueron evaluados hasta el año 11 en Molino Petiso y hasta el año 13 en Los Silos. Con dicha información y utilizando un factor de forma de 0.4 se calculó el volumen total con corteza, por árbol y por hectárea.

En el año 2004 se realizó una evaluación del estado sanitario de todos los árboles vivos. Se cuantificó la severidad de canchros en la corteza (con una escala subjetiva de 1 a 5, donde 1 es sin canchros y 5 nivel muy alto) y la incidencia de podredumbre blanca (*Inocutis jamaicensis*), de canchros causados por *Coniothyrium zuluense* y de rebrotes, utilizando una escala de 0 o 1 (ausencia o presencia de síntoma).

Para los orígenes de mayor productividad en cada ensayo se realizó un muestreo para evaluar algunas propiedades de la madera para la producción de pulpa. La edad al momento del muestreo fue de 13 y 14 años en los ensayos de Tres Bocas y Rivera, respectivamente. Se eligieron 11 árboles de cada origen (3 de diámetros finos, 5 de diámetros promedio y 3 de diámetros gruesos), se los cortó y de cada uno se extrajeron muestras (discos) a diferentes alturas (0, 25, 50, 75 y 100% de la altura comercial, considerada hasta un diámetro con corteza de 8 cm).

En cada disco se midió el diámetro con y sin corteza para determinar el porcentaje de corteza en volumen. De cada disco se extrajo una muestra para determinar la densidad básica de la madera y el resto fue chipeado manualmente para obtener una muestra compuesta de chips de cada uno de los estratos diamétricos mencionados. La densidad se

determinó con el peso seco en estufa a $103\pm 2^\circ\text{C}$ y el volumen verde por desplazamiento de agua.

Previa clasificación de los chips se condujeron los ensayos de pulpeo Kraft en un digestor rotativo con cuatro cápsulas, cada una con una capacidad para aproximadamente 250 g de madera seca. Las condiciones de cocimiento, tratando de obtener un Índice Kappa de 18 ± 1 , fueron las siguientes:

- Temperatura máxima ($^\circ\text{C}$): 170
- Sulfidez (%): 25
- Tiempo hasta temperatura máxima (min): 90
- Tiempo a la máxima temperatura (min): 50
- Relación licor/madera: 3.5/1
- Alkali activo (% como Na_2O): variable

Una vez obtenidas las pulpas se determinó:

- Rendimiento depurado (Rd), en %
- Proporción de rechazo, en % (Norma TAPPI T 204 om 88)
- Índice Kappa (Norma TAPPIT-236 om 85-1998)
- Consumo específico de madera (C.E.), m^3/t .

Con los valores de volumen por hectárea, densidad básica y rendimiento depurado se estimaron los valores de producción de pulpa por hectárea.

Con las pulpas se condujeron los ensayos de blanqueo, tratando de obtener un valor de grado de blanco próximo a 90% ISO (Norma TAPPI T 525 om 92), mediante una secuencia libre de cloro elemental (ECF) del tipo $\text{OD}_0(\text{E}_p)\text{D}_1\text{P}$ según se detalla en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Condiciones de blanqueo aplicado.

	Consist. (%)	Temp ($^\circ\text{C}$)	Presión (kg)	Tiem. (hs)	H_2O_2 (%)	NaOH (%)	ClO_2 (%)	MgSO_4 (%)	Silicato (%)	Edta (%)
O	10	100	5	1		2		0.5		
Do	12	70-75		1			0.8			
Ep	12	85-90		2	0.5	1		0.5	3.5	0.5
D1	12	70		2			0.4			
P	10	70		2.5	0.4	0.5				

Luego de completada toda la secuencia de blanqueo se midieron los siguientes parámetros:

- Consumo de ClO_2 por unidad de Kappa que se baja en el blanqueo ($\text{Kg Cl}_2/\Delta\text{Kappa}$).
- Consumo de ClO_2 (Kg Cl_2 por tonelada de celulosa).
- Viscosidad intrínseca (Norma TAPPI T 230 om 89).

Las pulpas obtenidas fueron refinadas en un molino PFI (Norma Tappi 248 sp 00) hasta obtener un grado de refinamiento próximo a 25 °SR (Norma Tappi 297 om 99). Con las pulpas refinadas se formaron hojas (Norma Tappi T 205 sp 02) para determinar las siguientes propiedades físicas y mecánicas (acondicionadas según Norma Tappi T 402 sp 03):

- Gramaje (Norma Tappi T 220 sp 01)
- Resistencia a la tracción (Norma Tappi 494 om 01)
- Resistencia al estallido (Norma Tappi T 403 om-02)
- Resistencia al rasgado (Norma Tappi T 414 om-98)

Los análisis de varianza para todas las variables analizadas fueron realizados por el PROC GLM del SAS. Los contrastes de medias se realizaron por el test de Duncan al 5% de significación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1. Comportamiento de los diferentes orígenes en Rivera

III.1.1. Evaluación productiva

En la Figura 2 se presenta la producción acumulada (volumen total con corteza) de los diferentes orígenes hasta los 13 años de crecimiento. Es evidente la marcada superioridad productiva del origen 16319 (Jeeralang North) y el pobrísimo comportamiento del origen 16399 (Wilson's Promontory). El origen Jeeralang alcanza al año 13 un IMA de $24 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$, duplicando la productividad de los demás orígenes, los cuales en promedio, y aún excluyendo el origen Wilson's Promontory, alcanzan un IMA de $12.4 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$.

El comportamiento relativo de los diferentes orígenes es prácticamente igual al reportado al séptimo año (Balmelli y Resquín, 1999). Sin embargo las diferencias productivas entre orígenes han ido aumentando con la edad, principalmente las diferencias entre Jeeralang y el resto de los orígenes evaluados (Figura 3). A la edad de corte más comúnmente utilizada a nivel comercial, es decir cercana a los 9 años, el IMA del origen Jeeralang ($21.2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$) supera en un 50% la productividad promedio del resto de

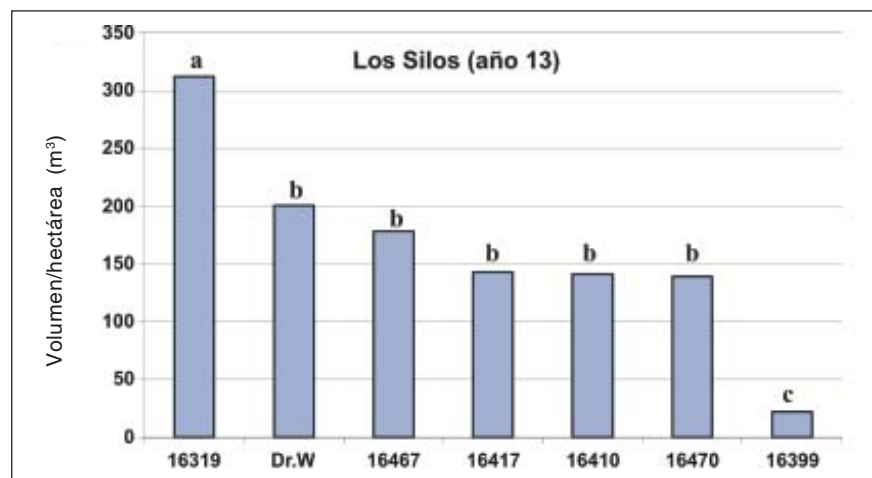


Figura 2. Volumen total (con corteza) de los diferentes orígenes a los 13 años de crecimiento.

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

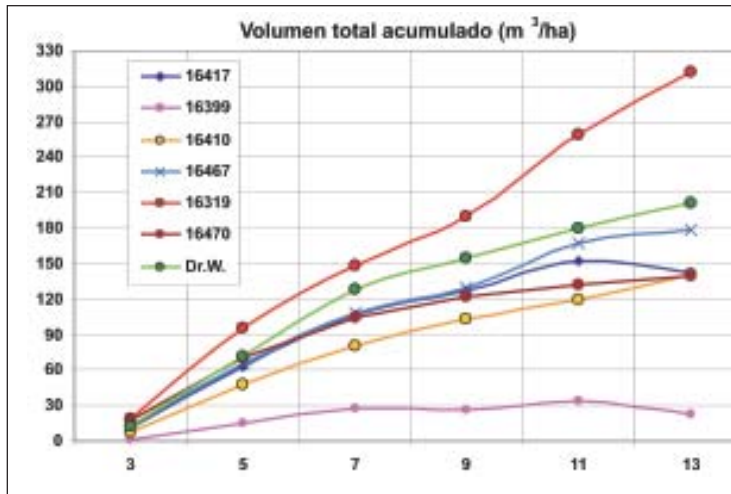


Figura 3. Evolución del volumen total por hectárea de los diferentes orígenes evaluados.

los materiales, excluido el origen Wilson's Promontory (14.1 m³/ha/año).

La producción por unidad de área está dada por la densidad de plantación, por el crecimiento, en altura y en diámetro, y por la sobrevivencia. Para analizar las causas de las diferencias productivas entre orígenes se presenta en las Figuras 4, 5 y 6 la evolución

del crecimiento en altura y en diámetro y la evolución de la sobrevivencia de los diferentes orígenes. Salvo el origen 16399 (Wilson's Promontory), los demás orígenes presentan curvas de crecimiento similares en altura y diámetro. En cambio las curvas de sobrevivencia muestran la superioridad del origen Jeeralang (16319), el cual a partir del

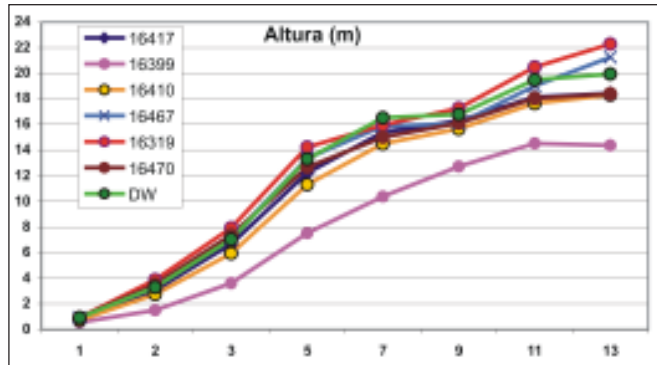
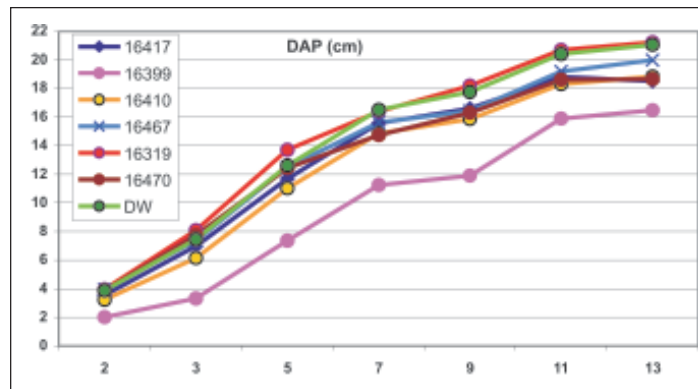


Figura 4. Evolución del crecimiento en altura de los diferentes orígenes evaluados.

Figura 5. Evolución del crecimiento en diámetro de los diferentes orígenes evaluados.



séptimo año comienza a destacarse sobre los demás orígenes. Por lo tanto la mayor productividad del origen Jeeralang se debe principalmente al mayor número de árboles por hectárea que sobreviven hasta la edad de cosecha (Figura 6).

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.

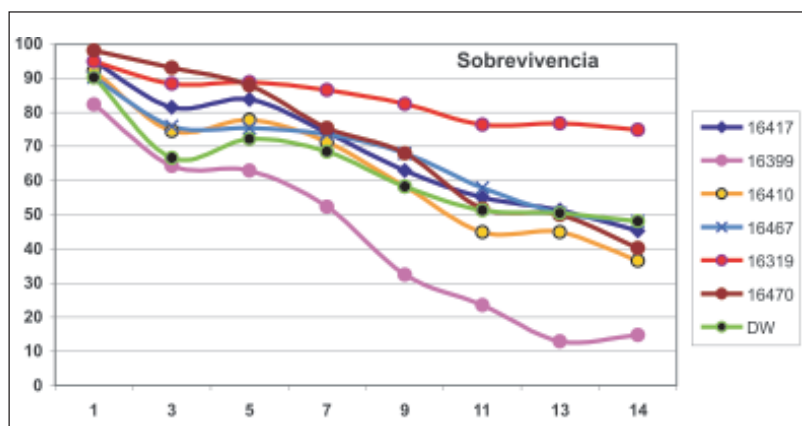


Figura 6. Evolución de la supervivencia de los diferentes orígenes evaluados.

La supervivencia 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

III.1.2. Evaluación sanitaria

Para analizar el comportamiento relativo de los orígenes evaluados ante diferentes problemas sanitarios se presentan en el Cuadro 4 los valores promedio de severidad de canchros en la corteza, de incidencia de síntomas de *Coniothyrium* e *Inocutis* y de la frecuencia de árboles rebrotados.

En este ensayo los principales problemas sanitarios identificados fueron los canchros en la corteza y los síntomas de

Cuadro 4. Supervivencia y comportamiento sanitario de los diferentes orígenes evaluados en Rivera al año 14.

Origen	Sobrev.(%)	Canchros	% Coniothy.	% Inocutis	% Rebrotos
16319	75.0 a	1.30 a	27.2 a	5.6	21.0 a
Dr.W	48.1 b	1.83 cd	51.0 b	4.8	59.6 c
16467	48.1 b	1.46 abc	26.0 a	1	35.6 b
16417	45.4 b	1.80 cd	36.7 ab	4.1	60.2 c
16410	36.6 b	1.72 bcd	36.7 ab	6.3	57.0 c
16470	40.3 b	1.95 d	34.5 ab	5.7	63.2 c
16399	14.8 c	1.38 ab	18.8 a	0	75.0 d

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

Coniothyrium, encontrándose en ambos casos diferencias significativas entre orígenes. Por el contrario, el porcentaje de árboles con síntomas de podredumbre blanca (causada por *Inocutis jamaicensis*) es muy bajo y no se encontraron diferencias significativas entre orígenes.

El origen Jeeralang además de la mayor sobrevivencia (que como se vio explica su mayor productividad) es el origen de mejor sanidad: presenta los menores valores de canchros en la corteza y tiene un bajo porcentaje de árboles con síntomas de Coniothyrium, lo que se ve reflejado en el menor porcentaje de árboles que presentan rebrotes.

El lote "Dr. Wayne" es el único con mejoramiento genético (Tasmanian Pulp and Paper Company). Sin embargo tiene una productividad mucho menor que Jeeralang y mucho peor sanidad: tiene más canchros, más Coniothyrium y mayor porcentaje de árboles con rebrotes.

La bajísima productividad del origen Wilson's Promontory está explicada por la combinación de un pobre crecimiento y de una muy baja sobrevivencia. La mortalidad en este caso parecería no estar explicada por problemas sanitarios (ya que presenta bajos niveles de canchros, Coniothyrium e *Inocutis*), sino más bien por problemas de estrés, evidenciado por el alto porcentaje de árboles rebrotados. Su baja productividad hace pensar en importantes problemas de adaptación, sin embargo resultados similares se han reportado en otros países (Infante y Prado, 1991; Jordan *et al.*, 1994), sugirieren que su pobre comportamiento es de origen genético.

III.1.3. Evaluación de características de la madera para pulpa

En el Cuadro 5 se presentan los resultados del pulpeo de los orígenes evaluados. El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas solo para la variable rendimiento depurado. También se detectan diferencias significativas para el porcentaje de corteza. El origen "Dr Wayne" es el que presenta el mayor rendimiento a la vez que un bajo requerimiento de carga durante el pulpeo y bajo porcentaje de corteza (52.7%, 15.6% y 14%, respectivamente). Esto podría ser el resultado de la posible existencia de un programa de mejora genética a favor de las propiedades pulperas de la madera. El resto de los materiales evaluados presentan características similares en cuanto al rendimiento y a los requerimientos de reactivos. Los valores de rechazo fueron prácticamente cero en todos los casos. El origen Jeeralang es el que tiene el mayor valor de porcentaje de corteza, con algo más de 20%.

Estos resultados permiten verificar la existencia de una estrecha relación negativa entre el rendimiento en pulpa y la carga de reactivos usada durante el pulpeo. En general se observa que en este sitio los requerimientos de álcali son mayores y los rendimientos son menores a los determinados en otras evaluaciones realizadas con orígenes de esta especie (Resquin, De Mello y Fariña, 2004). Esta diferencia probablemente pueda ser atribuida al incremento que se observa en la densidad de la madera a medida que se incrementa la edad de los árboles. Hay que tener en cuenta que 13 o 14 años son edades

Cuadro 5. Resultados del pulpeo de los cuatro orígenes evaluados.

Orígenes	Corteza (%)	A.A. (% p.s.)	Índice Kappa	Rend. Dep. (%)
16319	20.4 a	17.6 a	18.1	49.7 b
Dr. W	14.0 c	15.6 a	17.4	52.7 a
16467	16.6 bc	16.9 a	17.8	51.0 b
16470	17.4 ab	17.7 a	18.4	49.7 b

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

relativamente avanzadas con relación a las edades frecuentes de turno final que rondan los 8 a 10 años. El incremento en la densidad básica de los materiales instalados en este sitio probablemente sea el resultado de una mayor proporción de madera adulta que en los materiales de menor edad. Eventualmente también puede existir un aumento en el contenido de extractivos, lignina y la proporción de duramen con relación la madera formada en etapas más tempranas del cultivo.

Los resultados del análisis de varianza indican que existen diferencias significativas para la variable consumo específico (Cuadro 6). Estas diferencias en los valores de consumo de madera están asociados básicamente a las diferencias determinadas en el rendimiento en celulosa ya que los valores de densidad básica son similares para todos los materiales evaluados. Los valores mas bajos de consumo de madera corresponden a los orígenes "Dr. Wayne", 16467 (Police Point) y Jeeralang con 3.3 y 3.4 m³/ton.cel respectivamente. Considerando los valores de cre-

cimiento junto con los de densidad de la madera y el rendimiento obtenemos que el origen Jeeralang supera en casi un 42% al origen que le sigue en cuanto a la productividad de celulosa por hectárea. Estas diferencias se explican en su mayor parte por los altos valores de volumen por hectárea que alcanza este material comparado con el resto de los genotipos.

III.2. Comportamiento de los diferentes orígenes en Río Negro

III.2.1. Evaluación productiva

En la Figura 6 se presenta la producción acumulada (volumen total con corteza) de los diferentes orígenes hasta los 11 años de edad. En este ensayo también son claras las diferencias productivas de los distintos orígenes evaluados, resaltando nuevamente la superioridad del origen 16319 (Jeeralang North). Este origen alcanza al año 11 un IMA de 21.5 m³/ha/año, lo cual prácticamente

Cuadro 6. Valores de densidad básica, consumo específico y producción de pulpa de los cuatro orígenes evaluados.

Orígenes	Db. (g/cm ³)	Consumo m ³ /t cel	Prod. Pulpa (t/ha)
16319	0.595 a	3.4 ab	76.9
Dr. W	0.576 a	3.3 b	54.3
16467	0.588 a	3.3 ab	44.9
16470	0.562 a	3.6 a	31.0

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

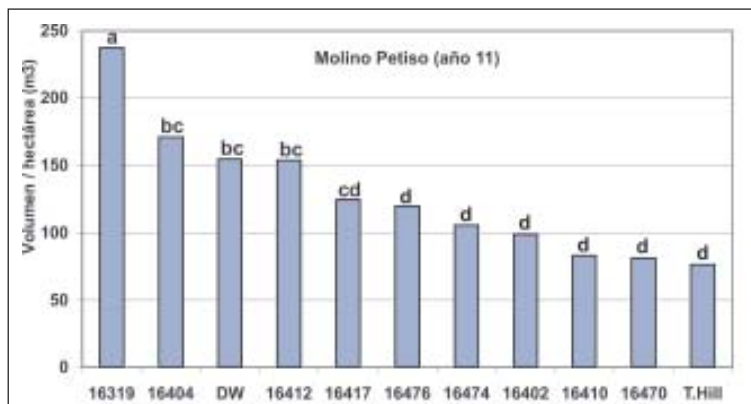


Figura 6. Volumen total por hectárea al año 11, de los diferentes orígenes evaluados.

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

duplica la productividad de los demás orígenes, los cuales en promedio alcanzan un IMA de 11.6 m³/ha/año.

El comportamiento relativo de los diferentes orígenes es similar al reportado al séptimo año (Balmelli y Resquín, 1999) y de igual forma que en el ensayo en Los Silos las diferencias productivas entre orígenes han ido aumentando con la edad, principalmente las diferencias entre Jeeralang y el resto de los orígenes evaluados (Figura 7). A modo de

ejemplo, la superioridad de dicho origen respecto al segundo mejor origen (16404, Sur de Lorne) era al séptimo año de 16%, al noveno año de 35% y al décimo primer año de 39%.

Para analizar las causas de las diferencias productivas entre orígenes se presenta en las Figuras 8, 9 y 10 la evolución del crecimiento en altura y en diámetro y la evolución de la sobrevivencia. Todos los orígenes presentan curvas de crecimiento similares en altura y en diámetro, mientras

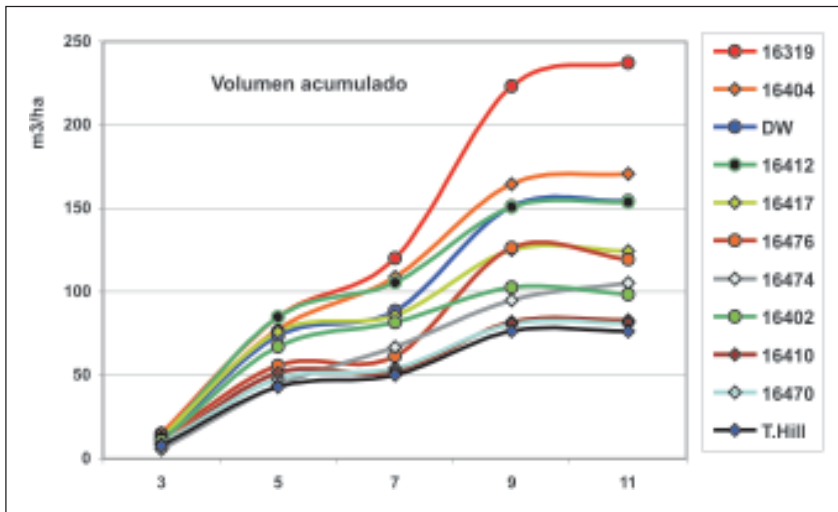


Figura 7. Evolución del volumen total por hectárea de los diferentes orígenes evaluados.

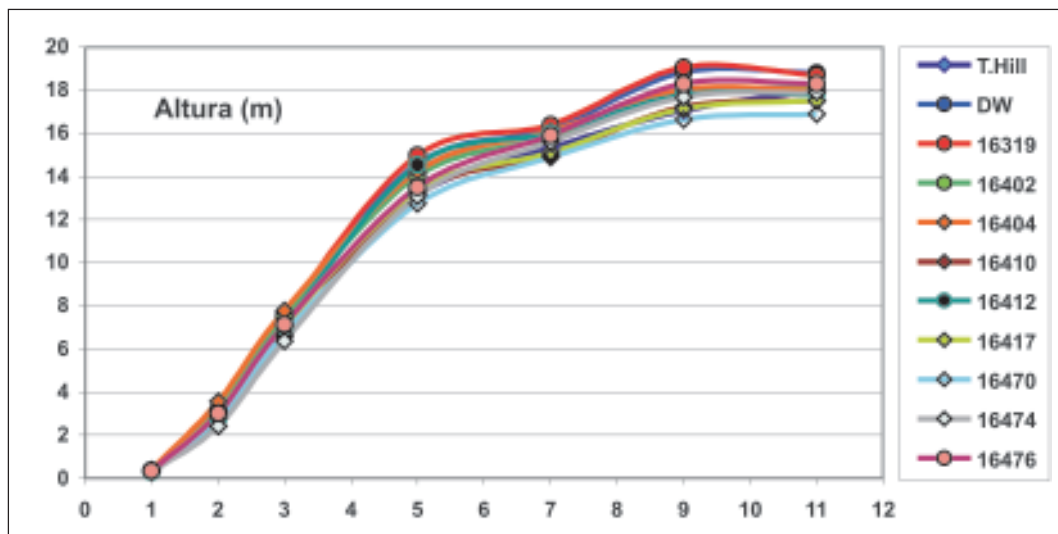


Figura 8. Evolución del crecimiento en altura de los diferentes orígenes evaluados.

Figura 9. Evolución del crecimiento en diámetro de los diferentes orígenes evaluados.

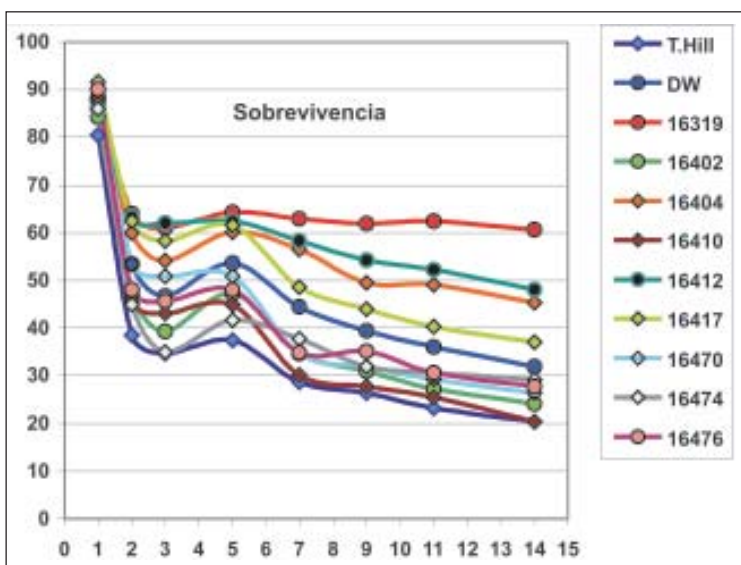
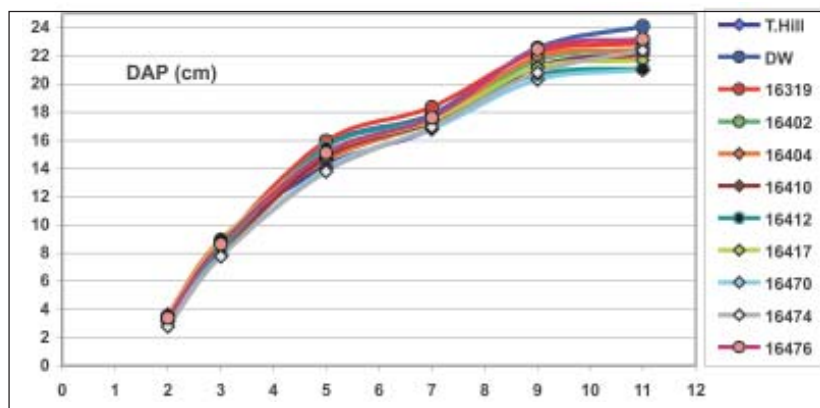


Figura 10. Evolución de la sobrevivencia de los diferentes orígenes evaluados.

que las curvas de sobrevivencia muestran importantes diferencias, sobresaliendo nuevamente la superioridad del origen Jeeralang, principalmente a partir del séptimo año. Por lo tanto y de igual forma que en el ensayo en Los Silos, la mayor productividad del origen Jeeralang no está explicada por un mayor crecimiento individual sino por una mayor sobrevivencia.

La mortalidad ocurrida entre el primer y segundo año, manifestada por todos los orígenes, se debió a un importante enmalezamiento inicial (Balmelli, 1995). Entre el segundo y el quinto año la sobrevivencia se mantiene prácticamente constante y a partir del quinto año se observa una gradual disminución, proba-

blemente debido a problemas de adaptación-sanidad. En general se observa una tendencia muy similar en todos los orígenes, excepto para el origen Jeeralang que desde el segundo año mantiene una sobrevivencia constante, superior al 60%.

III.2.2. Evaluación sanitaria

Para analizar el comportamiento relativo de los orígenes evaluados ante diferentes problemas sanitarios se presentan en el Cuadro 7 los valores promedio de severidad de canchros en la corteza, de incidencia de síntomas de *Coniothyrium* e *Inocutis* y de la frecuencia de árboles rebrotados.

Cuadro 7. Supervivencia y comportamiento sanitario de los diferentes orígenes evaluados en Río Negro al año 14.

Origen	% Sobrev.	Cancros	% Coniothy.	% Inocutis	% Rebrotos
16319	60.6 a	1.73 a	54.2	3.3	27.5 a
16412	48.1 b	2.56 de	55.9	5.4	91.4 d
16404	45.4 b	1.82 ab	51.7	4.6	67.8 bc
16417	37.0 c	2.95 f	71.0	5.8	72.5 c
DW	31.9 cd	2.25 bcd	55.2	19.0	67.2 bc
16474	29.2 cd	2.38 de	46.2	7.7	88.5 d
16476	27.8 cd	2.22 bcd	41.7	6.7	56.7 b
16470	26.4 cd	2.74 ef	50.9	3.5	75.4 cd
16402	24.1 cd	1.97 abc	51.9	7.7	80.8 d
T.Hill	20.4 d	2.59 de	45.5	11.4	68.2 bc
16410	20.4 d	2.60 de	63.6	6.8	70.5 c

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

Los principales problemas sanitarios identificados fueron los mismos que en el ensayo de Rivera: canchros en la corteza, síntomas de Coniothyrium y podredumbre blanca. Contrariamente a lo que podría suponerse, en este ensayo los diferentes síntomas evaluados presentaron mayores valores de severidad e incidencia que en el ensayo de Rivera.

El origen Jeeralang (16319) además de mayor supervivencia (que como se vio explica su mayor productividad) es también en este ensayo el origen de mejor sanidad, presentado los menores valores de canchros en la corteza y el menor porcentaje de árboles con rebrotos. El segundo origen en cuanto a supervivencia (16412, Little Henty River) presenta sin embargo altos valores de canchros

y más del 90 % de sus árboles vivos están rebrotados, evidenciando problemas importantes de estrés.

Si bien las diferencias entre orígenes para la incidencia de podredumbre blanca no fueron significativas, el lote Dr. Wayne es en este ensayo el origen con mayor incidencia de la enfermedad, con un 19 % de sus árboles afectados.

III.2.3. Evaluación de características de la madera para pulpa

Del análisis de los resultados del pulpeo se observa que existen diferencias significativas entre orígenes para las variables requerimiento de álcali y rendimiento en pulpa (Cuadro 8).

Cuadro 8. Resultados del pulpeo de los cinco orígenes evaluados.

Orígenes	Corteza (%)	A.A. (% p.s.)	Índice Kappa	Rend. Dep. (%)
16319	19.8 ^a	18.0 a	18.4	49.1 c
16404	17.9 ab	17.0 b	18.3	50.4 b
16417	16.0 b	15.7 c	17.8	51.4 ab
16412	12.7 c	15.7 c	17.8	51.8 a
Dr. W	10.8 c	15.9 c	17.4	51.2 ab

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

El origen 16319 (Jeeralang North) es el que tiene el mayor requerimiento de álcali durante la cocción (18%). El origen 16404 (12.1 k S. Lorne) presenta un valor intermedio (17%) mientras que el resto de materiales muestran valores muy similares próximos a 16%. También el origen Jeeralang es el que tiene el menor rendimiento en pulpa (49.1%). Los valores de requerimientos de álcali y rendimiento muestran una estrecha relación negativa. Los valores de rechazo son prácticamente 0% para todos los materiales.

Por otro lado el origen Jeeralang también es el que presenta el mayor valor de proporción de corteza con casi 20%. El origen Dr. Wayne se destaca por presentar el valor más bajo, menor al 11%.

En el Cuadro 9 son presentados los datos de densidad básica, consumo específico de madera y producción de pulpa por hectárea. El análisis estadístico de los datos muestra que existen diferencias significativas entre orígenes para la variable densidad básica pero no para el consumo de madera. El origen de mayor densidad básica es el 16319 (Jeeralang) con un valor de 0.603 g/cm³, seguido por el origen 16404 (12.1 k S. Lorne) con 0.569 g/cm³. El resto de los materiales presentan valores muy similares entre si. Se observa una marcada relación positiva entre la densidad básica y los requerimientos de álcali durante la cocción.

Los resultados obtenidos indican que los materiales de mayor densidad tienden a tener menor rendimiento en pulpa. En definitiva,

esto provoca que los consumos de madera sean similares entre los materiales con valores que oscilan de 3.4 a 3.6 m³/ton. de celulosa. En general estos valores son inferiores a los obtenidos con esta especie pero con materiales de menor edad, probablemente asociado a los mayores valores de densidad de la madera

Los valores de producción de pulpa reflejan las diferencias observadas en el crecimiento de los diferentes materiales. El origen 16319 (Jeeralang), a pesar de presentar una mayor proporción de corteza y un menor rendimiento de pulpa es el origen de mayor producción de pulpa por hectárea, con un valor de 55 t/ha.

De los resultados del blanqueo puede afirmarse que todos los materiales tienen un comportamiento muy similar entre sí (Cuadro 10). Esto puede deberse a que la composición química de las maderas sean semejantes en todos los casos y/o a que las condiciones de cocción usadas (variando la concentración del álcali activo) produjeron pulpas con una lignina residual (Índice Kappa) de similares características desde el punto de vista de su facilidad de remoción durante el blanqueo. Esto se traduce en que los requerimientos de cloro activo para blanquear una tonelada de celulosa (a valores próximos a 90% ISO) sea el mismo para todos los materiales evaluados (50.4 kg ClO₂). El origen 16404 (12.1 k S. Lorne) presenta un grado de blanco ligeramente inferior al resto (87.2%). Esta relativamente baja blan-

Cuadro 9. Valores de densidad básica, consumo específico y producción de pulpa de los cinco orígenes evaluados.

Orígenes	Db. (g/cm ³)	Consumo m ³ /t cel	Prod. Pulpa (t/ha)
16319	0.603 ^a	3.4 ^a	55
16404	0.569 ^b	3.5 ^a	39
16417	0.541 ^c	3.6 ^a	29
16412	0.533 ^c	3.6 ^a	37
Dr. W	0.551 ^{bc}	3.5 ^a	39

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

Cuadro 10. Resultados del blanqueo a aprox. 90% ISO de los cinco orígenes evaluados.

Orígenes	ClO ₂ (kg/unidad kappa)	Viscosidad (cP)	Grado de blanco (% ISO)
16319	2.7	22.0	89.0
16404	2.7	26.5	87.2
16417	2.8	26.4	88.0
16412	2.8	30.0	88.1
Dr. W	2.9	29.1	88.3

queabilidad podría estar asociada a una menor reactividad de la lignina residual de las pulpas obtenidas comparada con la de ensayos de menor edad. De todas maneras los valores de blancura obtenidos están muy próximos a los niveles buscados en esta evaluación (90%). Los valores de viscosidad son altos en todos los casos.

Si consideramos los requerimientos de cloro activo por unidad que se baja el índice Kappa vemos que las cantidades de cloro necesarias para obtener niveles de blancura próximo a 90% presentan pequeñas variaciones para todos los orígenes. Estas diferencias están asociadas a las variaciones obtenidas en los contenidos de lignina residual que tenían las pulpas antes de la secuencia de blanqueo (IK) a pesar de que se obtuvieron pulpas con un rango de 18 ± 1 de este parámetro.

En función de estos resultados, puede afirmarse que los valores de cloro necesario para obtener esos niveles de blancura son compatibles con resultados obtenidos en

estudios anteriores con esta especie (Melo, R., com. pers.; Neto, *et. al.* 2002).

Los resultados de las propiedades de resistencias y la capacidad de refino de las pulpas obtenidas son presentadas en el Cuadro 11. Si bien todos los materiales evaluados presentan una similar capacidad de refino expresada en términos del número de revoluciones para alcanzar un determinado grado °SR, el origen 16319 (Jeeralang) muestra un mayor requerimiento de energía para la formación de la pasta, probablemente asociado a la mayor densidad básica. La mayor densidad de la madera en general esta determinada por fibras de paredes gruesas las cuales son relativamente rígidas con una tendencia a formar uniones más débiles entre fibras. Por otro lado, este tipo de fibras al tener mayor peso, están en menor número en una hoja reduciendo las posibilidades de unión fibra a fibra (Repetti, 1990; Demuner *et al.*, 1991). Por el contrario, maderas con fibras de paredes mas delgadas, como podría ser el caso del resto de los materiales

Cuadro 11. Resultados de propiedades mecánicas de las pulpas de los cinco orígenes evaluados.

Orígenes	Número de Revoluciones	Grado de Refino (°SR)	Índice de tracción (N.m/g)	Índice de Estallido (kPa.m ² /g)	Índice de Rasgado (mN.m ² /g)
16319	2800	24	76.9	5.8	10.5
16404	2200	24	72.9	5.8	9.4
16417	2200	26	81.6	6.2	10.0
16412	2300	27	83.0	6.4	8.8
Dr. W	2100	25	68.6	6.4	9.3

evaluados, tienden a colapsar mas fácilmente teniendo menores requerimientos de refino. De todos modos, los valores de requerimientos de tiempo de refino obtenidos en estos ensayos son más bajos que los obtenidos con maderas de esta especie a nivel nacional (Doldán, com. pers; Melo, com. pers.).

En términos generales los valores de resistencias de las pulpas de cada uno de los orígenes no son limitantes para la mayoría de los diferentes tipos de papel que son sujetos a esfuerzos de tracción tanto durante su fabricación como durante su uso. La tendencia de los resultados muestra una relación negativa entre los valores de densidad de la madera y las resistencias a la tracción y al estallido. Estas propiedades dependen del grado de cohesión de las fibras que, como fue mencionado, es menor en fibras poco flexibles de paredes gruesas. En cambio, la resistencia al rasgado, la cual depende directamente de la resistencia intrínseca de las fibras, tiene una relación positiva con la densidad de la madera.

IV. CONCLUSIONES

Si bien los ensayos de orígenes de *E. globulus* instalados en 1990 en Río Negro y Rivera siguen en pie, por lo que podrán generar información adicional, la evaluación productiva a turno final permite arribar a las siguientes conclusiones:

El IMA (en volumen total con corteza) a los 13 años en el ensayo de Rivera y a los 11 años en el ensayo de Río Negro fue en ambos casos cercano a 12 m³/ha/año. Esta pobre productividad está explicada principalmente por la baja sobrevivencia, la cual a su vez probablemente se deba a la falta de adaptación al clima continental (particularmente a las altas temperaturas) y a la susceptibilidad de la especie a diferentes enfermedades, lo cual se ve agravado por el estrés que soportan los árboles.

El mejor estado sanitario del origen Jeeralang, ya sea como consecuencia de una mejor adaptación al ambiente, de una mayor tolerancia a enfermedades o por una combinación de ambas, explica su mayor sobrevivencia y en definitiva su mayor productividad, la cual en ambos ensayos alcanza valores de IMA de 24 y 21.5 m³/ha/año. Además, la mejor sanidad se ve reflejada en una corteza más limpia (con menos canchales y menos rebrotes), lo que facilita el descortezado durante la cosecha y asegura una mayor calidad de la madera. Evaluaciones realizadas en otros ensayos (Balmelli, 2002; Balmelli *et al.* 2004) han confirmado su buena sanidad y productividad, lo que viene siendo constatado en plantaciones comerciales.

Desde el punto de vista de las propiedades pulperas, considerando los resultados obtenidos en los dos sitios, puede concluirse que los mismos son similares a los obtenidos en estudios realizados anteriormente en el sentido de que el origen Jeeralang es el que presenta el mayor valor de densidad básica, altos requerimientos de álcali activo y bajo rendimiento relativo en pulpa (Resquin, 2002, Melo, R., com. pers.).

En cuanto a la blanqueabilidad, los resultados obtenidos en el ensayo de Tres Bocas muestran que todos los materiales tienen una respuesta muy similar frente a la secuencia de blanqueo usada. Las propiedades papeleras medidas no muestran mayores diferencias entre los materiales evaluados.

V. AGRADECIMIENTOS

A las empresas COFUSA y EUFORES por su colaboración en la instalación y mantenimiento de los ensayos. Al Sector Productores Forestales del LATU.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- BALMELLI, G.** 1995. Ensayos de orígenes de *Eucalyptus globulus*. Serie Técnica 68. INIA. Montevideo. Uruguay. 13p.
- BAMELLI, G. ; RESQUIN, F.** 1999. Evaluación de orígenes de *Eucalyptus globulus* al séptimo año. Serie Técnica 103. INIA. Montevideo. Uruguay. 16p.
- BALMELLI, G., MARRONI, V., ALTIER, N.; GARCÍA, R.** 2004. Potencial del Mejoramiento Genético para el manejo de enfermedades en *Eucalyptus globulus*. Serie técnica 143. Montevideo, Uruguay. 44p.
- DEMUNER, B.J.; VIANNA DORIA, E.L.; DA SILVA, C.; MANFREDI, V.** 1991. As propriedades do papel e as características das fibras de eucalipto. 24º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP. Sao Paulo, Brasil. Dirección Forestal. 2001. Sinopsis Forestal. Uruguay Forestal. 7 (16). Dirección General Forestal, 2004. www.mgap.gub.uy/Forestal/DGF.htm. Boletín estadístico.
- ECHEVERRÍA, R.** 2003. El *Eucalyptus globulus* en el Uruguay. In: 1º Simposio Iberoamericano de *Eucalyptus globulus*. Octubre 30-31, 2003. Montevideo, Uruguay.
- INFANTE, P.L. ; PRADO, J.A.** 1991. Crecimiento juvenil de 32 procedencias y 203 familias de *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* en la zona costera de la VIII región de Chile. Ciencia e Investigación Forestal. 5: pp 251-265.
- JORDAN, G.; BORRALHO, N.; TILYARD, P. ; POTTS, B.** 1994. Identification of races in *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* based on growth traits in Tasmania and Geographic distribution. Silvae Genética, 43 (5/6): pp 292-298.
- NETO, C.P.; EVTUGUIN, D.; FURTADO, F. ; MENDES SOUZA, A.** 2002. Effect of Pulping Conditions on the ECF Bleachability of *Eucalyptus globulus* Kraft Pulps. American Chemical Society. 7p.
- REPETTI, R.** 1990. Relación entre las características de la madera y las propiedades del papel. En: Seminario sobre la calidad de la madera en la producción forestal, Buenos Aires. Anais: CIEF. pp 11-30.
- RESQUIN, F.** 2002. Avaliação de procedências de *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* segundo a qualidade de sua madeira para a produção de celulose. Piracicaba 92p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP.
- RESQUIN, F.; DE MELLO, J. ; FARIÑA, I.** 2004. Caracterización de la celulosa de especies del género *Eucalyptus* plantadas en Uruguay. En: Aportes a la producción de pulpa de celulosa a partir de *Eucalyptus*. Serie Actividades de Difusión 374. INIA Tacuarembó 46p.
- SAS INSTITUTE.** 1989. SAS/STAT guide for personal computers, 6th edition. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- TAPPI.** 2004. Tappi Test Methods. Tappi Press. Atlanta, USA.