

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

Fernando Resquin⁵

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).

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

Cuadro 1. Lista de los orígenes evaluados

Código	Localidad	Latitud	Longitud	Altitud	Número de Progenies
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 Na₂O
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 refinamiento fue evaluado a través de la determinación del grado Schopper-Riegler. Las hojas para los ensayos físico-mecánicos, con gramaje aproximado de 60g/m², 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/cm³), 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/cm³, respectivamente) y superiores a los orígenes 16417, 16857, 16470 y 18032 (0,514; 0,513; 0,513 y 0,511 g/cm³, 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).

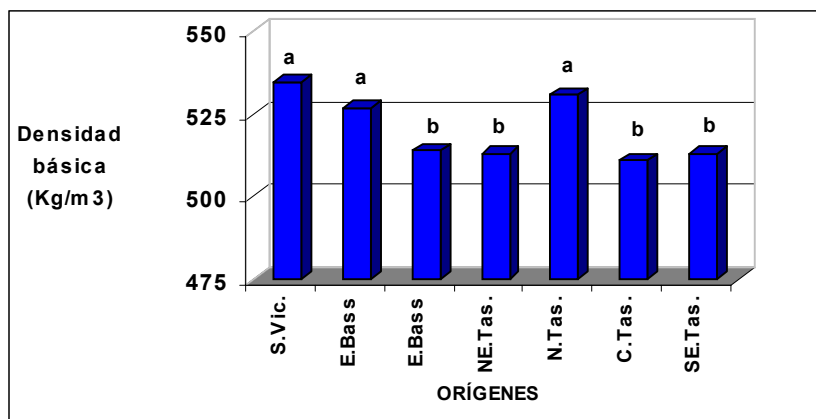


Figura 1. Densidad básica media de los orígenes de *E. globulus*

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 cm³/g para papeles voluminosos a 1,3 para cm³/g para papeles compactos. Algunos papeles tal como el papel satinado tienen valores de volumen específico de 1 cm³/g o más. Teniendo en cuenta que la celulosa tiene un volumen específico de aproximadamente 0,64 cm³/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/cm³, 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.

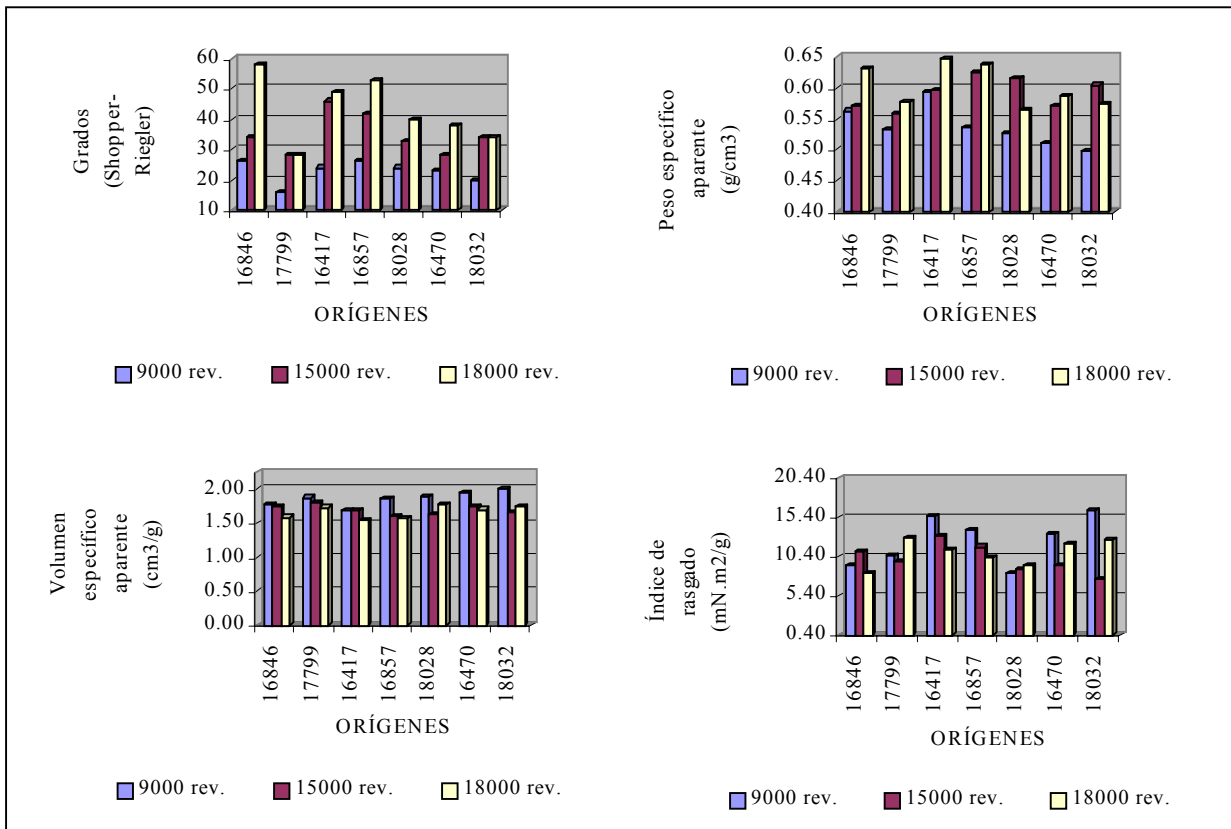


Figura 2. Resultados de las propiedades físico-mecánicas de pulpas de los orígenes de *E. globulus*.

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.

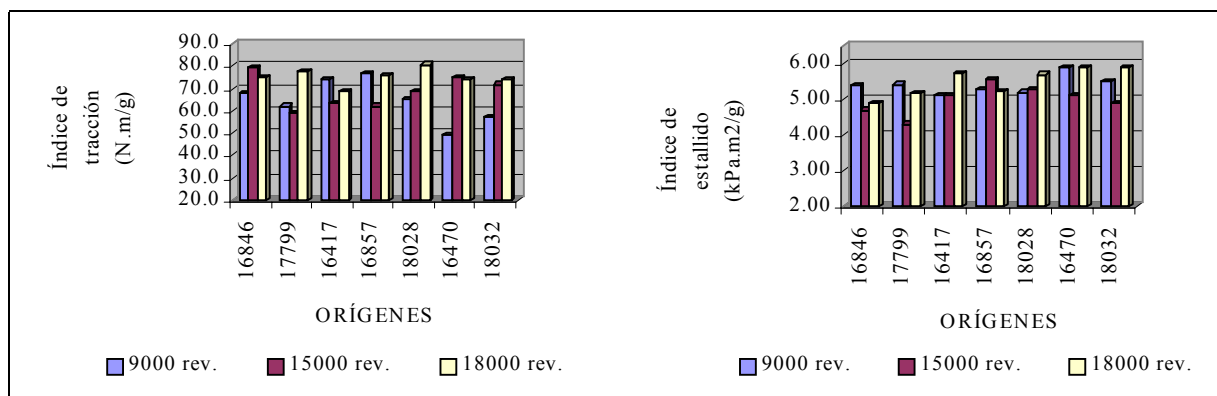


Figura 3. Resultados de las propiedades físico-mecánicas de pulpas de los orígenes de *E. globulus*

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 Eucalitpo 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.