

CALIDAD DE LA MADERA DE EUCALYPTUS GLOBULUS COMO MATERIA PRIMA PARA LA INDUSTRIA PASTERO-PAPELERA

Gabriel Toval

Director del Centro de Investigación Forestal de Lourizán. Dirección General de Montes. Xunta de Galicia.

Apartado 127. 36080 Pontevedra..

e-mail: gabriel.toval.hernandez@xunta.es

Boletín del CIDEU 8-9: 5-14 (2010)

ISSN 1885-5237

Resumen

A través de la comparación de las características de la madera de diferentes especies de *Eucalyptus*, tales como, densidad básica, morfología de las fibras, composición química, rendimiento bruto en cocción, consumo específico de madera y aporte de sólidos a las lejías negras, se pone de manifiesto la superioridad de *E. globulus* como materia prima para la industria pastero papelera y se cuantifican los valores promedios de dichas variables como punto de partida para su mejora.

Palabras claves: densidad básica, composición química, rendimiento bruto en cocción, consumo específico de madera.

Summary

Across the comparison of the wood's characteristics of different species of *Eucalyptus*, such as, basic density, morphology of the fibers, chemical composition, cooking gross yield, specific consumption of wood and the contribution of solid to the black liquor, reveals the superiority of *E. globulus* as raw material for the pulp and paper industry, and there are quantified the average values of the above mentioned variables as a starting point for its improvement.

Keywords: basic density, chemical composition, cooking gross yield, specific consumption of wood

1. Introducción

El género *Eucalyptus* está constituido por casi 600 especies (Chippendale, G.M. 1988), de las que sólo dos no son originarias de Australia, donde sus bosques maduros ocupan 41 millones de hectáreas (Eldridge, K., *et al.* 1993) y suministran una gran variedad de productos y con el que se han plantado 18 millones de ha. en todo el área tropical y templada del planeta (FAO. 2005), principalmente como materia prima para la obtención de pastas de celulosa, aún cuando en su área originaria sólo se le reconocían, en base a la calidad de su madera, unas 37 especies de interés para la industria forestal (Hillis, W.E., y Brown A.G. editors. 1984).

El término calidad de la madera requiere una precisa definición en función del uso final, ya que, según sea el destino, la definición de calidad será distinta (Downes, C.M., *et al.* 1997). En nuestra presentación nos vamos a referir a la madera como materia prima para la fabricación de pasta kraft blanqueada y su aplicación posterior en la fabricación de diferentes clases de papeles.

Aún dentro de esta definida aplicación hay que distinguir diferentes aspectos, los de la producción forestal, los de rendimiento y calidad de las pastas y los de la fabricación y calidad de las diferentes clases de papeles, con objeto de hacerlos converger en beneficio del conjunto.

La mejor forma de unir los intereses de la producción forestal con los de la producción de pastas, es expresar los crecimientos de la masa arbórea en toneladas de pasta/ha/año, que combina los tres factores siguientes: crecimiento volumétrico de la masa forestal ($m^3/ha/año$), densidad básica de la madera (kg/m^3) y rendimiento bruto en cocción (%), los cuales afectan directamente a los costos de producción de pastas.

Pero además, la densidad básica está asociada al espesor de la pared de las fibras

que junto a la longitud y al diámetro de las mismas, son las dimensiones que le confieren a los papeles fabricados con eucaliptos sus apreciadas características (Arbutnot, A.L. 1991), que ha hecho posible que el consumo mundial de sus pastas haya pasado desde el millón de toneladas en 1970, a los 10 millones en 2000 y que las previsiones apunten a los 18 millones en 2015 (Seoane García, J.M. 2002).

Dentro de los eucaliptos que se emplean en la industria pastero-papelera, *Eucalyptus globulus* tiene características específicas que superan a las de otras especies, las cuales, como es sabido, varían según las procedencias, las familias, los individuos y aún dentro de los mismos individuos según su posición en el árbol, así como en función del ambiente, abriendo todo ello un inmenso campo de mejora que debemos explorar.

2. Las características de la madera de *Eucalyptus globulus* y los factores de interés para la producción forestal, la industria pastera y los diferentes segmentos papeleros

Desde la perspectiva de las aplicaciones pasteras, la producción forestal debe enfocarse, tal como decíamos, teniendo en cuenta los siguientes factores: el crecimiento volumétrico, la densidad básica de la madera y el rendimiento bruto en cocción, pero además, es necesario contemplar los requerimientos que los diferentes segmentos de aplicaciones papeleras demandan a las pastas para poder apreciar globalmente las características de cualquier madera.

En la Tabla 1 se recogen los requerimientos de los principales segmentos papeleros para las pastas de eucaliptos, expresados como volumen, porosidad, opacidad y resistencia a la tracción³, con objeto de tenerlos presente en el transcurso de la presentación.

Tabla 1.- Requerimientos de los principales segmentos papeleros para las pastas de eucaliptos (Cotterill, P., and Macrae S. 1997)

Segmento paplero	Clase de papel	Volumen	Porosidad	Opacidad	Resistencia a la tracción
Papeles de impresión y escritura no estucados (sin pasta mecánica)	Copia, inyección de tinta, laser, offset, libros, papelería, etc.	Alto	Baja	Alto	Alta (mezcla con fibra larga)
Papeles estucados de impresión y escritura (sin pasta mecánica)	Estucados de alto, medio y bajo gramajes y calidades arte	Alto	Baja	Alta	Alta (mezcla con fibra larga)
Papeles de embalaje y cartones	Cartoncillos para cajas plegables	---	Alta	Alta	Alta (mezcla con fibra larga)
	Envolver	Alto	Alta	Alta	Alta
Especialidades papeleras	Laminados decor	Alto	Alta	Alta	Alta
	NCR (cara superior)	Bajo	Baja	Alta	Alta
	Base fotográfico	Alto	---	Alta	Alta
	Publicitario	---	Baja	---	Alta
	Etiquetas	Alto	Baja	Alta	Alta
	Cigarrillo	Alto	Alta	Alta	Alta
	Papel de filtro	Alto	Alta	---	Alta
	Seguridad	Alto	Bajo	Alta	Alta
Pergamino	Alto	Alta	Alta	Alta	
Papel tissue	Tissue facial	Alto	---	---	Alta

2.1. Crecimiento volumétrico

El primero de dichos factores se explica por sí solo y no entramos a comentarlo, pero no hay que perder de vista que una mayor producción forestal por unidad de superficie, repercute favorablemente tanto en los costes de producción, como en los de aprovechamiento y ambos componentes son los que, principalmente, van a influir en el costo final de la madera para las fábricas, siendo en definitiva el que determine la competitividad de los montes y las industrias.

2.2. Densidad básica de la madera

La densidad básica, que se define como el peso seco en estufa dividido por el volumen saturado en agua, expresa la cantidad de materia seca disponible en un determinado volumen de madera.

La densidad depende del tamaño de los vasos y de la cantidad de los mismos, del espesor de la pared celular, del diámetro de las fibras y de la composición química de la

madera, de tal forma que dos maderas con densidades similares pueden ser muy distintas en cuanto a las características anteriores.

Una mayor densidad básica significa para la industria pastera mejorar la productividad de los digestores, ya que para un mismo rendimiento bruto en cocción la cantidad de pasta producida por unidad de tiempo es mayor, lo que supone una mayor capacidad de producción o un ahorro en la inversión para la misma capacidad de diseño.

Desde el punto de vista de la calidad, la pasta fabricada con madera de alta densidad, generalmente tiene más volumen, una estructura más abierta y por tanto es más porosa y compresible, suministrando a los papeles una mejor imprimabilidad y opacidad, mientras que una madera de densidad baja produce, en general, una pasta más densa, más lisa y de mayor resistencia a la tracción y al estallido (Downes, C.M., *et al.* 1997).

En la Tabla 2 se muestran los valores medios de densidad básica y desviaciones típicas de la madera de diferentes especies de *Eucalyptus* utilizadas en la industria pastero-papelera, donde se pueden distinguir tres grupos que difieren significativamente entre sí, por un lado, un grupo formado por las especies *E. globulus*,

E. maidenii y *E. bicostata* con una densidad media global de 553 kg/m³, un segundo grupo formado por *E. camaldulensis* y *E. dunnii* con una densidad media global de 477 kg/m³ y en tercer lugar *E. grandis* con 453 kg/m³. Es decir, *E. globulus* supera en densidad básica a *E. grandis* en un 22% y a *E. camaldulensis* y *E. dunnii* en un 16%.

Tabla 2.- Densidad básica de la madera de diferentes especies de *Eucalyptus* utilizadas por la industria pastero-papelera

Especies	Densidad básica (kg/m ³)	Desviación típica (kg/m ³)
<i>E. globulus</i>	565	43
<i>E. maidenii</i>	565	26
<i>E. bicostata</i>	530	39
<i>E. camaldulensis</i>	482	56
<i>E. dunnii</i>	471	21
<i>E. grandis</i>	453	40

Fuente: Centro de Investigación y Tecnología de ENCE

Teniendo en cuenta que las muestras de madera que conforman los resultados anteriores son de muy distintos orígenes, en el caso de *E. globulus*, por ejemplo, se incluyen muestras del norte y sur de España, Uruguay, Ecuador y Chile, que no difieren entre sí significativamente, se puede asegurar que los valores mostrados tienen carácter específico.

2.2.1. Morfología de las fibras

Las pastas de eucaliptos, especialmente las obtenidas mediante el proceso kraft, son muy apreciadas en el mercado mundial porque le confieren al papel una formación muy uniforme, un alto volumen, unas excelentes características superficiales y una alta porosidad (Downes, C.M., *et al.* 1997; Romero Sánchez, J. 2002).

La razón de dicha superioridad, en comparación con otras frondosas, se debe a las dimensiones de sus fibras, especialmente a la longitud, al diámetro y al espesor de la pared, puesto que, en términos relativos, el diámetro es menor y en relación al diámetro, el grosor de la pared es muy elevado.

La longitud de fibra ha sido siempre considerada como positiva para la resistencia mecánica y el alargamiento, sobre todo para las coníferas, aunque para los eucaliptos no está muy claro el papel que juega en ciertas propiedades papeleras (Downes, C.M., *et al.* 1997), ya que la tendencia de las fibras a flocular se incrementa con la longitud y ello conduce a una distribución menos uniforme y por tanto a una peor formación de la hoja, además, cuanto menor sea la fibra, mayor número de ellas habrá por unidad de peso y mayor será la opacidad del papel (Dean, G.H. 1995).

Por otra parte, un mayor espesor de la pared de las fibras hace que éstas sean más rígidas por lo que el papel tendrá más volumen y la hoja será más abierta y porosa, lo que supone una mejor capacidad de drenaje y una buena resistencia en húmedo, traduciéndose para el papelerero en un ahorro en vapor de secado y en un aumento de la productividad al poder imprimir una mayor velocidad a la máquina de papel. El mayor volumen hace más compresible el papel, suministrando una mejor imprimabilidad a

los papeles estucados y mayor suavidad a los papeles tisúes (Dean, G.H. 1995).

El Índice de Runkel que es la relación entre el doble del espesor de la pared y el diámetro del lumen, es uno de los parámetros desarrollados para predecir las propiedades papeleras a través de la morfología de las fibras, así como el Coeficiente de Flexibilidad que es la relación porcentual entre el diámetro del lumen y el diámetro de la fibra. Todas estas características se presentan en la Tabla 3 para diferentes especies de *Eucalyptus* e incluimos el abedul como referencia, ya que es la materia prima fundamental de las pastas de fibra corta fabricadas en los países escandinavos.

Como se puede ver *E. globulus* es, de las especies de eucaliptos comparadas, la que

mayor longitud de fibra tiene, pero no tanto como la de abedul, lo que significa que, manteniendo unas propiedades mecánicas más que aceptables, aporta una mayor opacidad al papel.

Así mismo destaca en espesor de pared, un 50% más que la de *E. grandis* y un 35% más que la de abedul, siendo la causa de que sus pastas tengan todas las ventajas que hemos comentado anteriormente, haciendo además que el Índice de Runkel y el Coeficiente de Flexibilidad sean también superiores a la de todas las especies, excepto a *E. camaldulensis*, pero hay que tener en cuenta que el I. de Runkel predice características papeleras favorables siempre que su valor se mantenga por debajo de 1 (Dean, G.H. 1995).

Tabla 3.- Características biométricas de maderas de diferentes especies de *Eucalyptus* y de *Betula pendula*

Especies	<i>E. globulus</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. saligna</i>	<i>E. camaldulensis</i>	<i>Betula pendula</i>
Longitud de fibra, mm (L)	1,05	1,02	0,83	0,81	1,25
Espesor pared, micras (e)	4,2	2,8	3,0	4,3	3,1
Diámetro fibra, micras (a)	19	22	17	16	18
Relación longitud/diámetro	55	46	49	51	69
Diámetro lumen, micras (lu)	10,5	17	11	8	9,8
Índice Runkel (2e/lu)	0,8	0,33	0,55	1,08	0,63
Coeficie. Flex. (100 lu/a)	44	25	5	54	34

Fuente: Centro de Investigación y Tecnología de ENCE

Estas predicciones concuerdan con los datos comparativos publicados por Cotterill y Macrae (1997), sobre las características de las pastas de *E. globulus* y *E. grandis* de madera procedente de árboles de 10 años de edad, creciendo en el mismo ambiente, sometida a los mismos tratamientos selvícolas, obtenidas las pastas en laboratorio bajo las mismas condiciones de cocción y blanqueo y evaluadas con

ensayos normalizados, lo que asegura que se reflejen las características de la fibra de forma estricta.

Los resultados de las características de las pastas de ambas especies refinadas a 1.500 revoluciones en molino PFI, Tabla 4, muestran que la de *E. globulus*, desarrolla más tracción, tiene más opacidad, mayor volumen y es más permeable al aire.

TABLA 4.- Características físicas de las pastas de *E. globulus* y *E. grandis* para 1500 revoluciones de refino PFI (Cotterill, P., and Macrae S. 1997)³.

	<i>E. globulus</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>
Indice de tracción Nm/g	85	75
Indice de rasgado MNm ² /g	10,2	10,1
Volumen cm ³ /g	1,43	1,33
Opacidad %	75	73
Permeabilidad (Gurley) µm/Pas	20	10

La comparación a un Índice de Tracción determinado, 70 Nm/g, que es la forma que los papeleros usan normalmente para definir el nivel apropiado de refino, Tabla 5, confirman los resultados anteriores, mostrando una ventaja añadida, la facilidad de refino, lo que supone un

ahorro de costos energéticos para el papelerero. Dicha facilidad de refino asegura la superioridad en opacidad y permeabilidad y el menor *coarseness* predice una mayor unión entre fibras y por tanto un mejor acabado superficial del papel.

Tabla 5.- Propiedades papeleras de *E. globulus* y *E. grandis* comparadas a 70 Nm/g de Índice de Tracción (Cotterill, P., and Macrae S. 1997)

	<i>E. globulus</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>
Refino PFI Nº de revoluciones	600	700
Volumen cm ³ /g	1,52	1,43
Permeabilidad al aire (Gurley) µm/Pas	30	15
Opacidad %	77	75
Coarseness µg/m	71	73

2.2.2.-Composición química de la madera

Los componentes principales de la madera son celulosa, polisacáridos no celulósicos y lignina, los cuales se encuentran distribuidos en la pared celular de las fibras. La celulosa es un polímero de cadena larga que es resistente a la mayor parte de los ácidos y bases utilizados en las condiciones habituales en los procesos de cocción y blanqueo. Los polisacáridos no celulósicos o hemicelulosa, son polímeros de diferentes

azúcares y son menos resistentes a los ácidos y bases utilizados en el proceso kraft. La lignina es un polímero muy complejo de unidades aromáticas, cuya despolimerización y disolución es el objeto del proceso de obtención de pastas químicas.

Al conjunto de celulosa más hemicelulosa se le denomina holocelulosa y para medir el grado de deslignificación se usa un índice adimensional, el número Kappa, que

expresa la lignina residual que contiene la pasta.

La composición química de la madera, en términos cuantitativos, no sólo afecta a la densidad básica, sino también al

rendimiento en cocción. En la Tabla 6 se muestra la composición química de varias especies de *Eucalyptus* y donde incluimos nuevamente al abedul como elemento de comparación.

Tabla 6.- Composición química de las maderas de diferentes especies de *Eucalyptus* y de *Betula pendula*

	<i>E. globulus</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. saligna</i>	<i>E. camaldulensis</i>	<i>Betula pendula</i>
Holocelulosa (%)	80	72	79	78	72	69
Pentosanas (%)	21	21	18	17	16	16
Lignina Klason (%)	19	23	24	26	28	16

Fuente: Centro de Investigación y Tecnología de ENCE

Una vez más, *E. globulus* destaca por su alto contenido en holocelulosa y bajo contenido en lignina, cuya consecuencia es un alto rendimiento en pasta. En concreto, supera en holocelulosa al abedul en 11 puntos porcentuales y contiene 5 puntos porcentuales menos de lignina que *E. grandis*.

2.3. Rendimiento bruto en cocción

El rendimiento bruto es la cantidad remanente de los componentes de la pared celular después de ser sometida la madera al proceso de cocción y se expresa como porcentaje sobre la materia seca introducida en el digestor.

Los beneficios asociados al mayor rendimiento bruto en cocción son: la reducción de los requerimientos de madera, la reducción de productos químicos, la mejora de la eficiencia de los digestores, un

menor contenido en sólido de las lejías negras, mayor eficiencia del circuito de recuperación-caustificación y el incremento global de la capacidad de producción (Dean, G.H. 1995; Downes, C.M., *et al.* 1997).

En la Tabla 7 se pueden ver los valores de rendimiento bruto en cocción de diferentes especies de *Eucalyptus*, donde se pueden distinguir tres grupos que difieren significativamente entre sí, en primer lugar *E. globulus* con un rendimiento del 55,6%, un segundo grupo formado por *E. grandis*, *E. bicostata* y *E. maidenii* con un rendimiento global del 49,1% y un tercero formado por *E. dunnii* y *E. camaldulensis* con un rendimiento medio del 42,6%.

Es decir, *E. globulus* supera en rendimiento bruto en cocción en un 13% a *E. grandis*, *E. bicostata* y *E. maidenii* y en un 30% a *E. dunnii* y *E. camaldulensis*.

Tabla 7.- Rendimiento bruto en cocción de diferentes especies de *Eucalyptus*, determinado a Índice de Kappa 20.

	<i>E. globulus</i>	<i>E. bicostata</i>	<i>E. maidenii</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. dunnii</i>	<i>E. camaldulensis</i>
Rendimiento bruto (%)	55,6	49,4	47,3	50,6	43,6	41,5

Fuente: Centro de Investigación y Tecnología de ENCE

E. globulus vuelve a tener para la industria-pastero papelera, los valores más favorables en comparación con otras maderas de su propio género, no sólo en términos de

eficiencia sino también en calidad del producto, ya que una madera con rendimiento superior necesita, para un nivel determinado de deslignificación, menor

cantidad de álcali activo para alcanzarlo, lo que se traduce en una mayor preservación de las cadenas de celulosa, medida como viscosidad en la industria, y por consiguiente, en una mejor calidad de la pasta, que se refleja en unas características físicas superiores para la fabricación de las diferentes clases de papeles.

En la Tabla 8, se presentan los valores de álcali activo (%), para alcanzar una deslignificación en cocción expresada como 20 de Índice Kappa, así como la viscosidad de la pasta obtenida, expresada en mL/g, resultado de la cocción de la madera en las mismas condiciones operativas de cada una de las maderas de los eucaliptos considerados.

Tabla 8.- Alkali activo necesario para alcanzar una deslignificación de Kappa 20 y viscosidad resultante con diferentes maderas de Eucalyptus

	<i>E. globulus</i>	<i>E. bicostata</i>	<i>E. maidenii</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. dunnii</i>	<i>E. camaldulensis</i>
Alkali activo (%)	14,1	16,3	18,7	17,7	24,3	20,1
Viscosidad (mL/g)	1.374	1.225	1.072	1.261	938	1.053

Fuente: Centro de Investigación y Tecnología de ENCE

Como se puede ver la madera de *E. globulus* requiere entre un 15%, caso de *E. bicostata*, y un 40% menos de álcali activo, caso de *E. dunnii*, para alcanzar el nivel de deslignificación deseado y por tanto, una viscosidad mayor de la pasta obtenida, superioridad que se cifra entre un 8 y un 30%, según sea la especie con la que se compare.

2.4. Consumo específico de madera y aporte de sólidos a las lejías negras

Una forma de ver el efecto conjunto de los valores de densidad básica y rendimiento bruto en cocción es el consumo específico de madera (CEM), que expresa la cantidad de metros cúbicos de madera necesarios para obtener una tonelada de pasta seca al aire (m³/tAD), que junto al aporte de sólidos a las lejías negras (SLN), que expresa la cantidad de materia seca que aporta la madera a las lejías negras por cada tonelada de pasta seca al aire producida (tMS/tAD), resumen en valores de interés industrial, la aptitud de una madera como materia prima para la obtención de pastas de celulosa.

Ambas características sirven para calificar las diferentes maderas de forma global ya que condicionan el diseño de las fábricas y por tanto la inversión inicial, así como el

funcionamiento de las mismas en términos de eficacia y eficiencia, puesto que afectan tanto al proceso de producción, en costos y calidad del producto, como al circuito de recuperación y a la generación de energía. El consumo específico de madera es función de dos variables, la densidad básica y el rendimiento bruto en cocción y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C.E.M. = \frac{1.000 \times S_p}{D_b \times R_b \times \rho_b}$$

donde:

C.E.M., es consumo específico de madera, expresado en m³/tAD

S_p, es la sequedad de la pasta, expresada en tanto por uno. Hemos considerado este valor constante e igual a 0,90

D_b, es densidad básica de la madera, expresada en kg/m³

R_b, es rendimiento bruto en cocción a I. Kappa 20, expresado en tanto por uno

ρ_b, es el rendimiento en blanqueo expresado en tanto por uno. Hemos considerado este valor constante e igual a 0,97

El aporte de sólidos a las lejías negras se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$SLN = (1 - R_b) \times CEM \times D_b \times P_o \times 0,001$$

donde :

SLN, son sólidos en lejías negras a I. Kappa 20, expresados en tMS/tAD

Rb, es rendimiento bruto en cocción a I. Kappa 20, expresado en tanto por uno

CEM, es consumo específico de madera a I.

Kappa 20, expresado en m³/tAD

Db, es densidad básica de la madera, expresada en kg/m³

Po, es un coeficiente de relación de sólidos orgánicos (60%) a inorgánicos (40%). Dato experimental de fábrica

0,001, es un coeficiente para transformar kg en toneladas.

En la Tabla 9 se muestran los valores calculados de ambas variables para las especies de *Eucalyptus* consideradas.

Tabla 9.- Consumo específico de madera (CEM) y sólidos en lejías negras (SLN) para Índice Kappa 20 de diferentes especies de *Eucalyptus*

	<i>E. globulus</i>	<i>E. bicostata</i>	<i>E. maidenii</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. dunnii</i>	<i>E. camaldulensis</i>
CEM (m³/tAD)	2,95	3,54	3,47	4,05	4,52	4,64
SLN (tMS/tAD)	1,23	1,58	1,72	1,51	2,00	2,18

Fuente: Centro de Investigación y Tecnología de ENCE

En cuanto a consumo específico de madera se pueden distinguir cuatro grupos que difieren significativamente entre sí, el primer lugar lo ocupa *E. globulus* con 2,95 m³/tAD, el segundo *E. maidenii* y *E. bicostata* con un valor medio de 3,51 m³/tAD, la tercera posición la ocupa *E. grandis* con un consumo de 4,05 m³/tAD y por último *E. dunnii* y *E. camaldulensis* con un consumo medio de 4,58 m³/tAD, es decir, para producir una tonelada de pasta, con *E. globulus* se necesita un 15% menos de madera que si se utilizan *E. maidenii* o *E. bicostata*, un 27% menos que si se emplea *E. grandis* y un 35% menos si la materia prima fuera *E. dunnii* o *E. camaldulensis*.

La cantidad de sólidos que cada una de las maderas aporta a las lejías negras, como cabía esperar, concuerdan con los resultados del rendimiento bruto, de tal forma que se distinguen tres grupos que se diferencian significativamente, por un lado *E. globulus* con 1,23 tMS/tAD, a continuación un grupo formado por

E. grandis, *E. maidenii* y *E. bicostata* con 1,60 tMS/tAD y en último lugar el formado por *E. dunnii* y *E. camaldulensis* con un aporte de 2,09 tMS/tAD, es decir, este último grupo aporta un 85% y el segundo un 30% más sólidos a las lejías negras que *E. globulus*.

En definitiva, que la superioridad de la madera de *E. globulus ssp. globulus* con respecto a otras especies de su mismo género, puesta de manifiesto para todas y cada una de las características estudiadas, hace que, en sí misma, la utilización de la especie sea una mejora para la industria pastero-papelera y por tanto para la producción forestal, de ahí que nuestros afanes se centren en su mejora genética y en el desarrollo de técnicas selvícolas con el fin de incrementar, en primer lugar, la productividad de sus masas y superar las limitaciones ambientales que en algunas estaciones se presentan para la especie, sin perder de vista la mejora de las características técnicas de su madera.

3.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arbuthnot, A.L. 1991. The influence of basic wood density of eucalypts on pulp and paper properties. IUFRO Symp. P2.02-01 Productivity of eucalypts. Durban, R.S.A. 2-6 Sep. 1991.
- Chippendale, G.M. 1988. Eucalyptus, Angophora (Myrtaceae). Flora of Australia 19. Australian Government Publishing Service, Canberra.
- Cotterill, P., and Macrae S. 1997. Improving Eucalyptus pulp and paper quality using genetic selection and good organization. Tappi Journal. June.
- Dean, G.H. 1995. Objectives for Wood Fibre Quality and Uniformity. CRCTHF-IUFRO Conference Eucalypt Plantations: Improving, Fibre Yield and Quality. Hobart, Australia.
- Downes, C.M., Hudson, I.L., Raymond, C.A., Dean, G.H., Michell, A.J., Schimleck, L.R., Evans, R., y Muneri, A. 1997. Sampling Plantation Eucalypts for wood and fibre properties. CSIRO Australia.
- Eldridge, K., Davidson, J., Harwood, C., y van Wyk, G. 1993. Eucalypt Domestication and breeding. Clarendon Press. Oxford.
- FAO. 2005. Global forest resources assessment 2005-main report. Forestry Paper.
- Hillis, W.E., y Brown A.G. editors. 1984. Eucalypts for for wood production. CSIRO. Academic Press.
- Romero Sánchez, J. 2002. Simp. Intern. Socioeconomía, patología, tecnología y sostenibilidad del eucalipto. Cátedra ENCE. Grupo de Investigación AF-4. Univ. De Vigo.
- Seoane García, J.M. 2002. La importancia del eucalipto en su vertiente socio-económica: la industria pastero papelera. Simp. Intern. Socioeconomía, patología, tecnología y sostenibilidad del eucalipto. Cátedra ENCE. Grupo de Investigación AF-4. Univ. de Vigo.