elul. Pap. Vol. 2 N° 1, 8-12 (1986) ISSN 0716 - 2308

PULPAJE SEMIQUIMICO CON LEJIA VERDE KRAFT DE MADERA DE EUCALIPTO

(Eucalyptus globulus, LABILL)

Dörner Hechenleitner, C;
Melo Sanhueza, R;
Solís Olave, A;

Facultad de Ingeniería
Laboratorio de Productos Forestales
Universidad de Concepción
Concepción-Chile

Sumario

El objetivo de este trabajo de investigación es realizar el estudio técnico de pulpaje de madera de eucalipto **(Eucalyptus globulus)**, mediante el proceso semiquímico con lejía verde, de modo de obtener pulpa para la fabricación de papel corrugado medio.

Las variables independientes consideradas pertenecen a la etapa química y fueron: alcalinidad (10-18% Na_2O), sulfidez (22-30% Na_2O), temperatura máxima (130-170°C) y tiempo a temperatura máxima (30-70 min).

Las variables dependientes medidas fueron: rendimiento, índice Kappa, longitud de ruptura, factor de rasgado, factor de explosión, aplastamiento y rigidez.

Experimentalmente se obtuvieron rendimientos que fluctúan entre 58 y 76% con índices Kappa entre 123 y 170.

El análisis de las propiedades físico-mecánicas permite concluir que es factible obtener pulpa a partir del proceso semiquímico con lejía verde de madera de eucalipto para la obtención de corrugado medio.

El trabajo se desarrolló en el ámbito del Programa Cooperativo España-OEA.

Antecedentes generales

La industria de celulosa y papel, n nuestro país, se ha desarrollado tilizando casi exclusivamente las lantaciones de pino insigne.

Sin embargo, resulta interesante onsiderar la posibilidad de aprovechamiento, en este mismo rubro, el eucalipto **(Eucalyptus globulus)**, ebido principalmente a las excelentes características, para un número reciente de aplicaciones en la industria papelera, entre los cuales obresalen el papel onda, cartones orrugados y papeles para impresión.

La extensión de bosques muy puros de Eucalyptus globulus en Chile s de alrededor de 44.500 hectáreas, on edades de 1 a 40 años, de las cuales 12.000 se encuentran en la zona de Colcura, provincia de Concepción.

El aprovechamiento integral de los bosques existentes y la posibilidad de reforestación con esta especie permitiría romper con el monocultivo, lo que se ha estado aceptando en los programas más importantes de reforestación.

Por otra parte, no menos importante, el empleo de pulpas de fibra corta significaría el desplazamiento de un consumo actual de fibra larga, para destinarlo a otros usos más favorables u ofrecerlos en los mercados externos con mejores expectativas.

— Eucalyptus globulus

Pulpaje semiquímico a la lejía verde kraft

Durante los últimos años ha habido una gran actividad en el área de los procesos de pulpaje para la producción de pulpas semiquímicas, en las que predominan el proceso al sulfito neutro, comúnmente integrado a una planta kraft, usado para producir corrugado medio. En particular, el pulpaje semiquímico con lejía verde ha recibido una gran publicidad pero aún falta su incorporación a la industria (1).

El proceso semiquímico a la lejía verde es un pulpaje más moderado que el de lejía blanca kraft, y teóricamente podría obtenerse desde un sistema de recuperación kraft, sin variar el balance químico, como puede suceder con la recuperación del licor gastado al sulfito neutro (2).

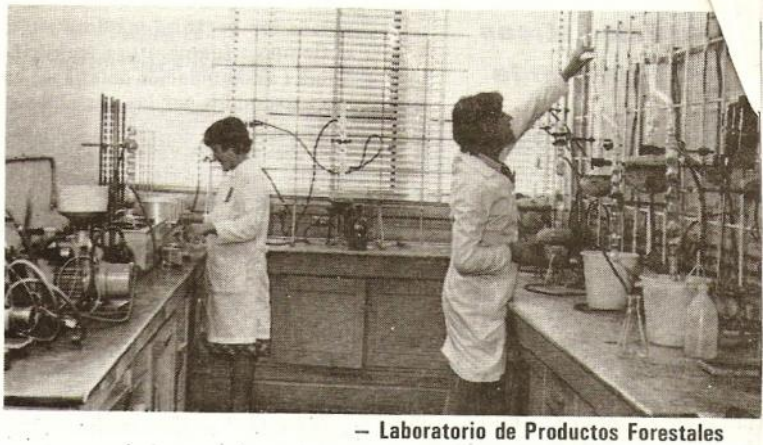
Vardheim (3) hizo experimentos con lejía verde a escala de laboratorio. Los resultados son muy alentadores en cuanto al rendimiento de la pulpa y propiedades de resistencia en seco, similares al proceso de pulpaje semiquímico al sulfito neutro (4).

El proceso consiste de una preimpregnación de las astillas, con una presión baja, con lejía verde a 75-80°C, pulpando en fase vapor a 150-160°C por alrededor de 15 a 20 min. Tanto con la lejía verde kraft, de aproximadamente 25% de sulfidez, como con la lejía verde semiquímica, con aproximadamente 50% de sulfidez, se obtuvo consumos de sólo 7.9% de óxido de sodio basado en madera seca (5) (4).

En pruebas de ensayo se obtuvieron rendimientos de 80 a 82%, en pulpas semiquímicas, y valores de Concora de 68 y 42, para MD y CD, respectivamente (5) (4).

Una pequeña desventaja de la pulpa con lejía verde es que ésta es menor en un 10-15% a la del sulfito neutro, en la resistencia de la hoja húmeda. Si la resistencia de la hoja húmeda se hace crítica, la máquina de papel deberá correr más lenta. La adición de pulpa de coníferas podría mejorar esta propiedad (5).

Vadheim también planteó otras de las desventajas del pulpaje con lejía verde. Estas son, el color relativamente oscuro de la pulpa y el olor desagradable comparado con el proceso semiquímico al sulfito neutro. El color oscuro, que es similar a la pulpa kraft no blanqueada, podría limitar su uso en algunas aplicaciones. El olor desagradable puede ser eliminado de la pulpa lavándola adecuadamente (5).



— Laboratorio de Productos Forestales

Obviamente, una gran ventaja de la pulpa a la lejía verde es la simplicidad de la recuperación química, comparada con el proceso semiquímico al sulfito neutro. También resulta atractiva la facilidad con que este proceso puede ser integrado a una planta kraft que provea una instalación de capacidad suficiente para evaporar. De esta forma, el pulpaje semiquímico a la lejía verde puede considerarse como un camino posible y preferible. (5) (4). Una alta sulfidez puede obtenerse removiendo la apropiada cantidad de carbonato de sodio desde la lejía verde tipo kraft, por cristalización (6). En una planta integrada semiquímica a la lejía verde kraft, el carbonato de sodio podría entonces ser redisuelto en el flujo de lejía verde que va a la planta de recaustificación (5).

Cederquist (7), en una patente, cubre el pulpaje semiquímico a la lejía verde, desde 65-90% de rendimiento, usando un licor que tiene como componentes principales al carbonato de sodio y al sulfuro de sodio, y continuando con la oxidación de las astillas pulpadas con oxígeno a presión. El propósito de la oxidación es minimizar el olor kraft de la pulpa (5) (4).

De acuerdo a lo que reportó la planta Weyerhaeuser's Valliant (8), la cual produce tapas o cubiertas (liner) kraft y corrugado medio semiquímico, está aplicando pulpaje a la lejía verde con adición de sulfito de sodio. No existe información sobre el rendimiento y calidad de este proceso para corrugado medio (5) (4).

Worster y Candless (4) hacen una comparación entre los pulpajes semiquímicos al sulfito neutro, lejía verde kraft y la misma lejía verde con sulfito de sodio. En los tres sistemas se obtienen pulpas semiquímicas con 72-76% rendimiento en maderas latifoliadas y con muy corto ciclo de pulpaje.

En cuanto a la refinación, la lejía verde y la lejía verde con sulfito muestran una mayor facilidad de batido que el proceso al sulfito neutro (4).

La hoja de corrugado medio, con un peso base de 127 (gr/m^2), muestra el mismo valor de Concora, y valores muy similares de porosidad, longitud de ruptura, alargamiento, para los 3 tipos de pulpas (4).

Al enfriarse el licor gastado a temperaturas menores de 75°C, el licor de pulpaje a la lejía verde se hace muy opaco, produciéndose un precipitado oscuro y voluminoso. Esta observación nos sugiere que, en el pulpaje a la lejía verde, se debería separar el licor gastado, sobre los 75°C, para evitar la precipitación excesiva de lignina además de la descomposición de carbohidratos.

También se indica que para un mismo rendimiento, el pulpaje semiquímico a la lejía verde tiene un mayor contenido de lignina que el sulfito neutro (1).

A pesar de todo lo que se conoce sobre el proceso semiquímico a la lejía verde, éste está aún en sus comienzos y ciertos aspectos no son entendidos completamente, como ser, la respuesta de maderas latifoliadas, fácil lavado de la pulpa, el comportamiento de la pulpa en planta de conversión, contaminación ambiental y las características de recuperación del licor gastado (5).

Características del papel onda

Se denomina papel onda o corrugado medio (flutting) al papel utilizado como capa media en la fabricación de cartón corrugado. Este cartón está formado por 3 capas adheridas entre sí: las 2 exteriores, llamadas cubiertas o tapas (liners), que son lisas, y la central ondulada, con pliegue curvo o angular (9).

Se utiliza para la fabricación de papel onda, fibra corta cruda, como único material, aunque también se integra una fracción de fibra larga (9).

El papel onda no está sujeto a esfuerzos distintos del aplastamiento de la onda, resistencia que es fundamental de la hoja. Durante la formación de la onda interviene la resistencia al doblez y, también, la capacidad de absorción de agua, en la adhesión con las cubiertas.

En términos generales, se estima que la resistencia al aplastamiento (CMT) debe ser de 0,14 Kg/cm² por cada 10 gr/m² de peso base (10); el papel onda se produce con gramajes desde 100 a 150 gr/m² (9); y con un "freeness" alrededor de los 30°SR (9).

Diseño y experimentación

La experimentación se sujetó a un diseño central compuesto aplicado a la etapa química del proceso, considerando como variables de entrada el álcali activo (definido como el total de álcali presente bajo la forma de Na_2CO_3, calculados como Na_2 equivalente y expresado como porcentaje base madera seca; la sulfidez (como porcentaje del álcali activo); la temperatura máxima (°C) y el tiempo a temperatura (min). La Tabla I a continuación detalla los valores asumidos por las variables en el diseño.

El resto de las variables independientes mantuvieron valores constantes, según:

Tiempo hasta temperatura: 60 min.
Relacion lejía/madera : 7/1
Tamaño astillas : (+1/4")-(-3/4")

La madera para experimentación corresponde a 5 árboles extraídos al azar de una plantación de eucaliptos de 11 años, de los cuales se cortaron 6 trozas de 60 cms. a las alturas inferior, media y superior, en cada árbol.

Las trozas se astillaron en un astillador Condux de 4 cuchillas y se clasificaron por tamaño en un tamiz Williams con perforaciones circulares. Enseguida, el material seleccionado se dejó secar, a la sombra, hasta humedad de equilibrio.

La etapa mecánica se efectuó en un desfibrador de discos Bauer de 4" con un programa fijo para todas las pulpas, de acuerdo a:

1ª. pasada Discos rompedores N° 8118 separación 30 mils
2ª. pasada Discos rompedores N° 8118 separación 10 mils
3ª. pasada Discos refinadores N° 8114 separación 15 mils
4ª. pasada Discos refinadores N° 8114 separación 5 mils.

Se completa el proceso en una pila holandesa refinando hasta 30°SR, aproximadamente.

Resultados y Discusión

El diseño empleado en la experimentación permite obtener modelos matemáticos que describen el comportamiento de las respuestas en función de las variables de entrada. La forma de estos modelos es:

$$Y = F(1)+F(2)+F(3)S+F(4)T+F(5)t+F(6)A^2+F(7)S^2+F(8)T^2+F(9)t^2+F(10)AS+F(11)AT+F(12)At+F(13)ST+F(14)St+F(15)Tt.$$

La variable Y representa cualquiera de las variables dependientes del proceso, simbolizadas según:
A= Alcali activo (%Na_2O bms)
S= Sulfidez (%)
T= Temperatura máxima (°C)
t= Tiempo a temperatura máxima (min)

La Tabla II muestra los coeficientes F de los modelos para cada respuesta.

El ajuste de los modelos fue excelente, con un factor de correlación igual o superior a R^2 0,999 en todos los casos.

El tiempo de calentamiento de la carga, constante e igual a 60 min, fue más largo de lo recomendado en bibliografía debido a que se trabajó con astillas secas al aire y, también, a limitaciones de equipo. Esto mismo hizo necesaria una impregnación previa de las astillas con la lejía.

El análisis comparativo de los coeficientes de los modelos permite establecer que la temperatura máxima es la variable de mayor significancia respecto de todas las respuestas, con excepción de la rigidez Taber, en que resulta más significativa la variable álcali activo. A su vez, la variable de menor significación es la sulfidez.

También, tienen menor significación las interacciones, con excepción del efecto en el factor de rasgado en que las interacciones álcali activo-tiempo y temperatura-tiempo son considerables y actúan en sentido negativo.

El Grafico 1A muestra la variación del rendimiento en función del tiempo a temperatura máxima y la temperatura máxima, con sulfidez y álcali activo constantes. La caída de rendimiento más acelerada con menor temperatura se explica por las reacciones de recondensación de lignina que se producen a temperaturas más altas. Esto se ve ratificado en el Gráfico 1B, en que el I. Kappa se grafica versus el tiempo y la temperatura. Se puede apreciar que hay una deslignificación continua a temperatura más baja.

Tabla I
Variables independientes

Niveles	Alcali activo (%Na_2O, bms)	Sulfidez	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
	A	S	T	t
$+\alpha$	18	30	170	70
+1	16	30	160	60
0	14	26	150	50
-1	12	24	140	40
$-\alpha$	10	22	130	30

Tabla II
Coeficientes Reales

Coeficientes	Rendimiento (% bms)	Kappa (—)	L.Ruptura (Km)	F.Rasgado (—)	F.Explosión (—)	Rigidez Taber 15° (gr-cm)	Aplastamiento CMT_o (lb/pug^2)
F(1)	393,63	-16,22	50,68	-544,47	267,59	-60,86	-73,84
F(2)	-13,12	-11,74	-1,07	8,81	-9,97	-0,82	-5,82
F(3)	-8,19	15,44	-0,09	3,65	1,32	1,00	0,33
F(4)	-0,90	2,72	-0,43	4,30	-2,83	0,94	1,13
F(5)	-0,75	-0,94	-0,48	4,86	-1,08	-0,21	1,72
F(6)	0,24	0,04	0,02	-0,44	0,20	0,00	-0,16
F(7)	0,13	-0,21	-0,01	-0,15	-0,06	-0,01	-0,02
F(8)	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,01	0,00	0,00
F(9)	0,00	-0,02	0,00	-0,02	0,01	0,00	0,00
F(10)	0,17	0,60	0,01	-0,007	-0,15	-0,02	0,11
F(11)	0,01	-0,08	0,00	0,06	0,05	0,01	0,06
F(12)	0,00	0,08	0,00	-0,04	0,04	0,01	0,00
F(13)	0,00	-0,09	0,00	0,04	0,03	0,00	0,00
F(14)	-0,04	-0,04	0,00	-0,01	0,01	0,01	-0,02
F(15)	0,01	0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01

GRAFICO 1A

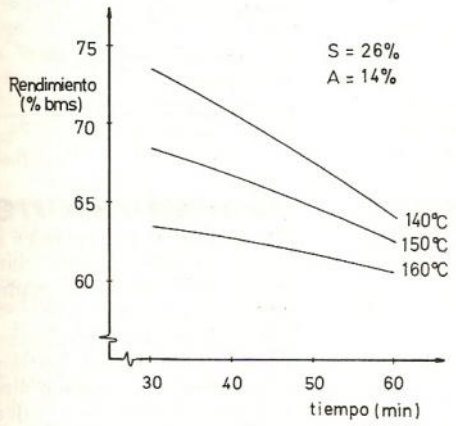
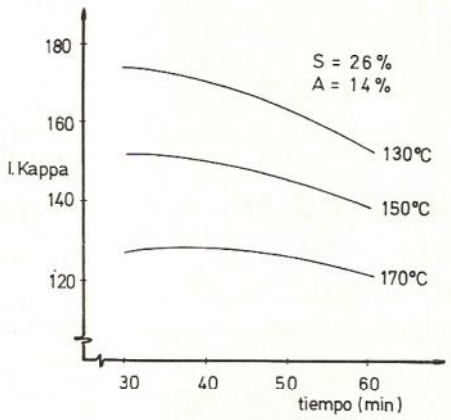


GRAFICO 1B



Los rendimientos obtenidos en la experimentación fluctuaron entre 58 y 76% y los I. Kappa entre 123 y 170.

La longitud de ruptura se favorece con temperaturas altas y tiempos más largos de tratamiento (figura 1C) por el efecto deslignificante mayor, en la misma forma que la resistencia al rasgado (figura 1D). En este último caso se observa un máximo que se desplaza en el tiempo cuando la temperatura baja, explicado por el diferente comportamiento en la generación de enlaces interfibras. La misma situación observada en el caso de la longitud de ruptura se observa en la resistencia a la explosión (figura 1E) con [illegible] cia que el tiempo tiene una influencia mucho menor. El efecto de la temperatura y el tiempo en la rigidez de las fibras se aprecia en la figura 1F, apreciándose la influencia inversa de la temperatura; las fibras deslignifican menos por lo que su rigidez disminuye al aumentar la temperatura, alcanzandose valores aproximadamente constantes después de un cierto tiempo. La temperatura influye positivamente en la resistencia al aplastamiento por la mayor flexibilidad de las fibras más deslignificadas que dan una mejor compactación de la hoja. A temperatura baja la influencia del tiempo es significativa mientras que a temperatura alta es prácticamente nula. (Gráfico 1G).

El comportamiento mecánico resistente de las pulpas se enmarca dentro de los siguientes límites, en el rango experimentado:

Longitud de ruptura	5,09 - 8,71 (Km)
Factor de rasgado	62,5 - 93,3
Factor de explosión	23 - 44
Rigidez Taber	6,2 - 9,7 (g-cm)
Aplastamiento	50 - 67 ($lb/pulg^2$)

Comparativamente, las características de la pulpa obtenida en el rango de alto rendimiento para la fabricación de corrugado medio están en el orden de las especificaciones comerciales y superando ampliamente las exigencias de aplastamiento CMT.

	Rendim. (%bms)	Gramaje (g/m^2)	L.R. (Km)	F.R. (—)	F.E. (—)	Rig. Taber (g-cm)	Aplast. CMT ($lb/pulg^2$)*
Pulpa experimental	73,5-75,3	100	5,09-5,57	59,1-74,6	24,0-26,3	8,8-9,7	50,8-54,0
Papel onda nacional	—	95-105	5,10	125-135	30	9-11	30
SQSN co-(11) mercial	—	128	5,4	62	30	—	43,8
SQSN 80% nudos sulfito 20% (12)	—	120	5,2	—	30	10	73

GRAFICO 1C

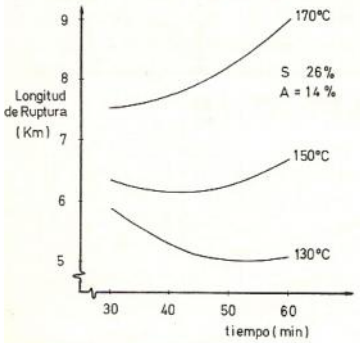


GRAFICO 1D

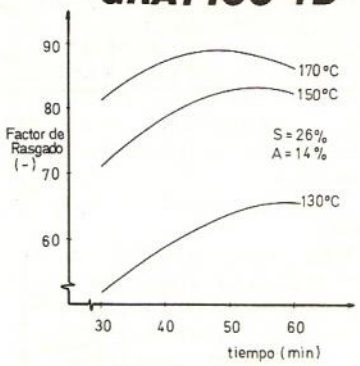


GRAFICO 1E

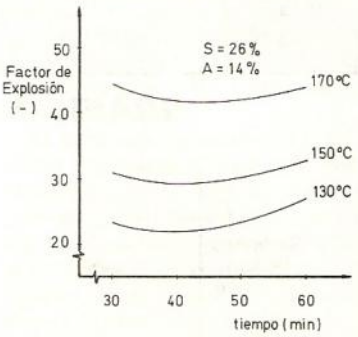


GRAFICO 1F

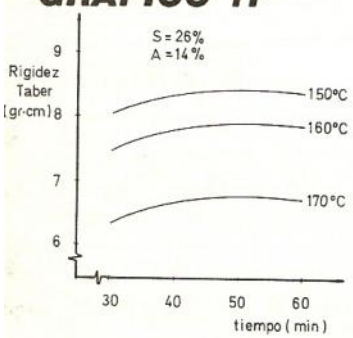
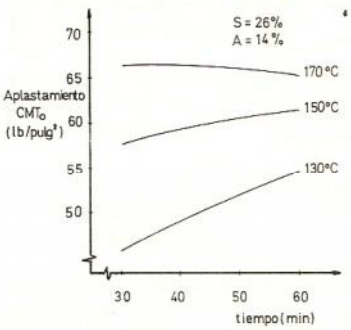


GRAFICO 1G



Conclusiones

— El proceso semiquímico a la lejía verde es técnicamente viable para producir pulpas de madera de eucalipto (E. globulus).

—Las pulpas a la lejía verde de madera de eucalipto permiten la fabricación de corrugado medio de buenas características técnicas.

—La temperatura de cocción química es el factor más significativo de los que influyen en el proceso con un efecto positivo en todas las características físico-mecánicas, salvo la rigidez de la hoja.

Bibliografía

(1) Daurson Raymond L. Tappi, 57 (12): 113-116 (December 1974).

(2) Bublitz, W.J. y Fang, Y.P. Tappi, 60 (4): 90-93 (April 1977).

(3) Vardheim, S. Paperi Puu, 49 (9): 613 (Sept. 1867).

(4) Worster, H.E. and Mc Candless, D.L. Tappi 57 (10): 75-78 (Oct. 1974).

(5) Worster, H.E. Paper Trade Journal, 31 (August 20, 1973).

(6) Anon, Chem. Process, 36 (5): 12 (May 1973).

(7) Cederquist, N., German Patent aplication OS 2, 226,777 (with priority date of Jun 4, 1971, in Sweden).

(8) Anon, Pulp & Paper, 46 (9): 39-49 (August 1972).

(9) Melo, R.; Paz, J. y colab. "Pulpa semiquímica a partir de madera. Parte I. Pulpaje semiquímico al sulfito neutro", Lab. Prod. Forestales, Esc. de Ingeniería, U. de Concepción, Chile (1976).

(10) Zaninovic, J. "Posición y Recomendaciones de la industria de Celulosa y el Papel frente al acuerdo de Cartagena", Reunión de especialistas en Celulosa y Papel. Oficina de Planificación CORFO (Dic., 1972).

(11) Brown, K.J. and Hilton, R.D. Paper Trade Journal, May 21 (1956).

(12) Jensen, W.; Nordman, L. et al. Rept. N° 188 The Finnish Pulpa and Paper Research Institute, Helsinki (1958).