Pulpas a partir de madera de *Eucalyptus globulus*

por el señor JOSÉ PAZ P. y la señorita ERIKA REITZE O.

SUMARIO

En este trabajo estudiamos las variables más importantes que intervienen en el proceso kraft y blanqueamos una pulpa tipo, usando la secuencia CEH y CEHPH.

La experimentación la realizamos con árboles de 10 años, de una plantación artificial de *Eucalyptus globulus* «LABILL».

Usamos madera sin corteza en el estudio de variables en el proceso de pulpaje y el análisis de los resultados lo hicimos utilizando el factor H.

De acuerdo a la inclinación de las curvas de rendimiento y porcentaje de lignina, seleccionamos un valor del factor H de 1100 y por razones de operación una temperatura de 165°C y una alcalinidad de 17 %. El tiempo a temperatura máxima, calculada, fue de 100 minutos.

Con estas condiciones hicimos seis pulpajes y obtuvimos valores promedio de rendimiento de 52,7 % y porcentaje de lignina de 1,89.

Posteriormente, y como comparación, usamos madera con corteza y obtuvimos valores promedio de rendimiento de 53,6 % y % de lignina de 2,8.

Ambas pulpas las blanqueamos usando la secuencia CEH. En el caso de las pulpas de madera sin corteza ensayamos, además, la secuencia CEHPH.

En todos los casos se obtuvieron blancuras superiores a 83°GE pero el rendimiento en el blanqueo de pulpas obtenidos de madera con corteza sólo fue de 83 %.

De los valores obtenidos para las propiedades físico-mecánicas se deduce que no hay variaciones significativas usando madera con corteza y sin corteza.

INTRODUCCION

La industria de celulosa y papel en Chile se ha caracterizado fundamentalmente por estar orientada hacia la exportación, ya que su capacidad instalada supera la demanda interna.

La producción de pulpa se basa en la explotación de plantaciones artificiales de pino insigne, por consiguiente el abastecimiento del mercado interno y de las exportaciones de papeles y cartones es casi exclusivamente a base de fibra larga.

La fibra larga tiene gran demanda en el exterior, especialmente en la región latinoamericana, por lo que es conveniente incrementar las exportaciones de pulpa y papeles de fibra larga, mediante substitución por fibra corta en el mercado interno.

Chile cuenta con una extensión de alrededor de 44.000 hectáreas de plantaciones artificiales de *Eucalyptus globulus* (1).

Considerando estos antecedentes, y las excelentes características de la fibra de madera de eucalipto en la fabricación de papel, estimamos interesante estudiar el comportamiento de esta especie frente a los *diferentes métodos de* pulpaje.

Seleccionamos el proceso kraft, para iniciar nuestro trabajo, por ser el más universal (2).

La experiencia la realizamos en un digestor estático Pulmac M/K de 4,5 lts de capacidad, con recirculación de licor y con calentamiento indirecto.

La madera se obtuvo de árboles de 10 años de edad, de un bosque artificial con manejo.

Las variables consideradas fueron tiempo a temperatura máxima, temperatura máxima y reactivos. Las respuestas a *los diferentes tratamientos fueron* rendimiento, porcentaje de lignina y propiedades *físico-mecánicas.* Se obtuvieron pulpas con rendimiento entre 48,9 y 52,2% con un porcentaje de lignina de 1,28 a 3,15, respectivamente.

Blanqueamos una pulpa tipo obtenida de madera sin corteza y con corteza usando las secuencias CEH y CEHPH. En todos los casos obtuvimos blancuras sobre 83°GE.

De los valores obtenidos para las propiedades físico-mecánicas se deduce que no hay variaciones significativas usando madera con corteza y sin corteza.

1.0 SELECCION, PREPARACION Y CARACTERIZACION DE LA MADERA

Las plantaciones de *Eucalyptus globulus* están ubicadas en las provincias de Concepción, Arauco y Valparaíso.

Para los fines de este estudio se ha elegido la zona de Colcura, provincia de Concepción, como la más representativa de las plantaciones existentes.

Se muestrearon 3 árboles de 10 años, al azar, en una plantación manejada, ubicada en el valle de Colcura, a 3 Kms del aserradero de Colcura.

De cada árbol se cortaron discos y trozos de la parte inferior, media y superior.

Todo este material fue transportado de inmediato al laboratorio de productos forestales. Los trozos se dividieron en dos partes. Una de ellas se descortezó cuidadosamente, en forma manual, y la otra se dejó con corteza.

Estas muestras, en forma separada, se redujeron a dimensiones convenientes y se astillaron en un astillador Condux de 4 cuchillas, con disco de 24".

Las astillas se clasificaron en un harnero Williams, recogiendo el tamaño entre + ½" y — 1 ¼".

El material clasificado se secó de inmediato en un secador de bandeja con temperatura máxima de 50° C hasta una humedad de alrededor de 20 %

b.s. Posteriormente, las astillas se extendieron sobre el piso, bajo techo, y se dejaron alcanzar la humedad de equilibrio.

En seguida se tomó una muestra de astillas para efectuar los análisis químicos de la madera de acuerdo a norma Tappi.

Los discos se utilizaron para la determinación del porcentaje de corteza, duramen y densidad.

2.0. PULPAJE

Las variables y sus márgenes de variación fueron las siguientes:

Variables	Variaciones	Valores asignados
Temperatura máx., ° C	2	160 - 170
Tiempo a temp. máx. min.	2	60 - 120
Alcalinidad % (bms)	2	14 - 20
Experiencias $2^3 = 8$		
Repeticiones 1		
Total 9		

Se mantuvieron constantes, tiempo hasta temperatura máxima (60 minutos), relación licor/madera (7 : 1 según características del equipo), sulfidez (25 %) y humedad de las astillas (12 % bms) y presión máxima (7 kg/cm²).

Las respuestas elegidas fueron: rendimiento total bms, lignina remanente bps y propiedades fisicomecánicas del producto obtenido.

Durante la digestión se controlaron la temperatura y la presión, con lecturas espaciadas convenientemente. En todos los casos se hizo el desgase normal de algunos segundos, al alcanzarse la temperatura de 80° C.

Completado el tiempo a temperatura máxima fijado, se desgasó completamente y se tomó muestra del licor residual; se descargó la pulpa, se lavó y desfibró mediante una agitación durante 15 minutos con un agitador de 1.500 rpm.

A continuación la pulpa se clasificó en un harnero plano con ranuras de 0,01″ y se determinaron el rendimiento aceptado y el porcentaje de rechazos.

A la pulpa obtenida se le midió el porcentaje de lignina residual (Nº Kappa), según normas Tappi. T 236 m — 60.

Los análisis de los resultados se hicieron mediante el factor H, obteniéndose las condiciones de pulpaje para respuestas prefijadas (3).

3.0. BLANQUEO DE LAS PULPAS

Se efectuaron pruebas de blanqueo en tres y cinco etapas, comprendiendo: CEH y CEHPH.

Además se efectuaron pruebas tentativas para determinar, en forma precisa, el porcentaje de cloro que debía emplearse.

4.0. CONTROL DE LOS PRODUCTOS

Se hicieron los pulpajes de acuerdo al diseño experimental elegido y se determinaron el rendimiento total y clasificado, el número de Kappa, el álcali residual del licor negro y el valor correspondiente al factor «H».

Estas nueve pulpas se batieron y se les determinaron las propiedades físico-mecánicas: longitud de ruptura, factor de explosión y factor de rasgado.

Con estos resultados se seleccionaron condiciones para obtener rendimientos y contenido de lignina, que ofrecieran las mejores expectativas como pulpas blanqueables.

Usando estas condiciones se prepararon 9 pulpas: seis usando madera sin corteza y tres con corteza. A todas estas pulpas se les determinó rendimiento total y clasificado, número de Kappa y álcali residual en el licor negro.

Cuatro de estas pulpas fueron blanqueadas y se les determinó rendimiento y blancura. Posteriormente a todas se les determinó las propiedades físico-mecánicas.

5.0. DATOS Y RESULTADOS

En las tablas 1 a 8, que se presentan a continuación, se detallan los datos y resultados de la experimentación.

Se incluyen los gráficos números 1 y 2, que muestran las correlaciones de las variables del proceso de pulpaje y la comparación de las propiedades físico-mecánicas de las pulpas obtenidas usando madera con y sin corteza.

Las ecuaciones de las curvas que muestra la variación del rendimiento total y porcentaje de lignina con el factor «H» se obtuvieron utilizando el método de regresión polinomial (Goslo 12), aceptando un error estándar 0,05.

TABLA Nº 1

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE LA MADERA Y CORTEZA

Análisis físico	
Densidad (gr/cc)	0,56
Corteza (%)	11,60
Duramen (%)	41,60
Longitud de fibra madera (mm)	0,95
Longitud de fibra corteza (mm)	0,85

Análisis químico	Madera	Corteza
Holocelulosa (%)	81,0	65,6
Celulosa (%)	56,0	54,7
Lignina (%)	21,0	15,6
Extraíbles (%)		
Agua fría	1,5	10,8
Agua caliente	4,5	12,8
Alcohol-Benceno	2,0	6,7
NaOH 1 %	11,5	24,1

TABLA Nº 2

DISEÑO EXPERIMENTAL

Pulpaje Nº	Tiempo a temp. (min)	Temperatura (°C)	Alcalinidad (%)
1	120	170	14
2	120	160	14
3	60	170	20
4	60	170	14
5	120	170	20
6	120	170	20
7	60	160	20
8	120	160	20
9	60	160	14

Nota: Se mantuvieron constantes:

Tiempo hasta temperatura, 60 min.
Sulfidez, 25 %.
Razón licor a madera, 7 a 1.

TABLA Nº 3

RESULTADOS EXPERIENCIAS

Pulpaje Nº	Rend. acep. (%)	Rechazo (%)	Rend. total (%)	Kappa Nº	Sólidos licor residual	Na_2O usado (gr)
1 ...	52,2	1,5	53,7	13,5	10,80	32,90
2 ...	55,7	0,5	56,2	16,7	9,57	27,94
3 ...	51,3	0,1	51,3	10,7	8,88	32,90
4 ...	52,7	2,8	55,5	15,8	10,16	24,01
5 ...	48,7	0,3	49,0	8,5	11,67	29,70
6 ...	48,8	0,1	48,9	8,5	11,09	32,35
7 ...	53,3	1,7	55,0	15,0	11,31	29,17
8 ...	51,8	0,2	52,0	11,4	10,63	29,97
9 ...	38,6	19,6	58,2	21,0	8,45	24,76

Nota: El pulpaje Nº 6 es repetición del Nº 5.

TABLA Nº 4

FACTOR H, RENDIMIENTO TOTAL Y PORCENTAJE DE LIGNINA

Pulpa Nº	H	Rendimiento Total (%)	Lignina %
1	1.973	53,7	2,02
2	850	56,2	2,51
3	1.051	51,3	1,61
4	1.051	55,5	2,37
5	1.973	49,0	1,28
6	1.973	48,9	1,28
7	452	55,0	2,25
8	850	52,0	1,71
9	452	58,2	3,15

TABLA Nº 5

PULPAJES EN CONDICIONES SELECCIONADAS

Pulpa	Rend. acep. (%)	Rechazo (%)	Rend. total (%)	Nº Kappa
Madera sin corteza	52,4	0,3	52,7	12,6
Madera con corteza	52,3	1,3	53,6	18,7

TABLA Nº 6

PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE LAS PULPAS DEL DISEÑO

Pulpa Nº	Drenaje (° SR)	Longitud ruptura (km)	Explosión (factor)	Rasgado (factor)
	17,2	4,65	13,01	89,9
1	33,0	9,10	45,39	115,9
	52,0	10,09	61,85	119,5
	16,0	3,84	12,73	101,9
2	34,0	9,33	50,77	103,1
	53,0	10,48	60,39	98,6
	16,0	4,41	12,47	95,5
3	32,0	7,94	44,08	127,6
	58,0	9,69	58,66	114,7
	16,0	4,82	11,12	85,7
4	32,0	8,49	49,16	126,9
	53,0	9,25	65,99	109,8
	15,0	3,03	9,33	85,4
5	31,8	7,59	38,61	101,9
	53,0	9,31	53,28	99,6
	16,0	3,49	8,12	67,0
6	32,0	7,94	36,51	111,1
	52,5	8,44	50,33	101,4
	16,0	4,37	12,72	69,5
7	33,0	8,78	41,40	105,3
	54,0	10,51	61,84	116,0
	15,0	3,62	10,91	79,6
8	33,0	9,32	50,31	117,3
	54,0	9,62	53,90	108,8
	13,0	3,36	10,29	95,5
9	32,0	9,38	51,55	114,7
	53,0	10,13	60,35	107,0

TABLA Nº 7

PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE LAS PULPAS SELECCIONADAS

Pulpa	Drenaje (°SR)	Long. rupt. (Km)	Fact. expl.	F. rasg.
Madera sin corteza	16,0	4,7	10,1	78,3
	29,5	7,5	45,3	124,0
	46,0	10,0	61,5	114,8
	57,0	10,7	59,3	108,3
	65,0	10,9	74,6	100,5
Madera con corteza	15,0	3,2	10,9	62,7
	33,0	7,2	35,2	113,0
	52,5	9,0	50,1	108,5

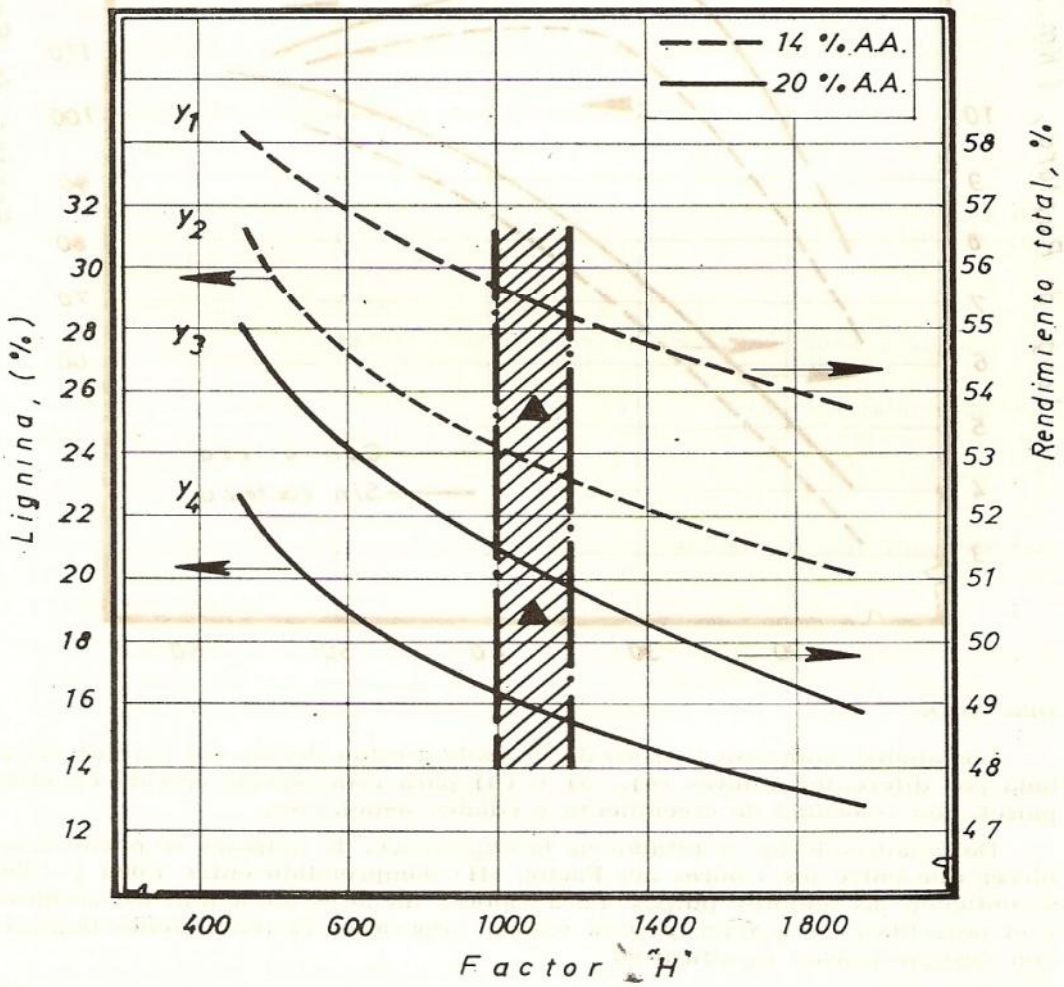
TABLA Nº 8

BLANQUEO DE PULPAS

MADERA SIN CORTEZA	C_c *	ETAPAS (% b.m.s.) E	H	P	H	Rendim. (% bms)	Blancura (° GE)
I. Reactivos (%)	2	2	0,55	0,16	0,14		
Consistenc. (%) ...	3	6	6	6	6	50,7	89
Tiempo (min.)	30	120	45	240	90		
Temperat. (°C)	17	60	40	40	—		
II. Reactivos (%)	2	2	0,75	—	—		
Consistenc. (%) ...	3	6	6	—	—	52,1	88
Tiempo (min.)	30	120	60	—	—		
Temperat. (°C)	17	60	40	—	—		

GRÁFICO Nº 1

ANALISIS DE RESULTADOS

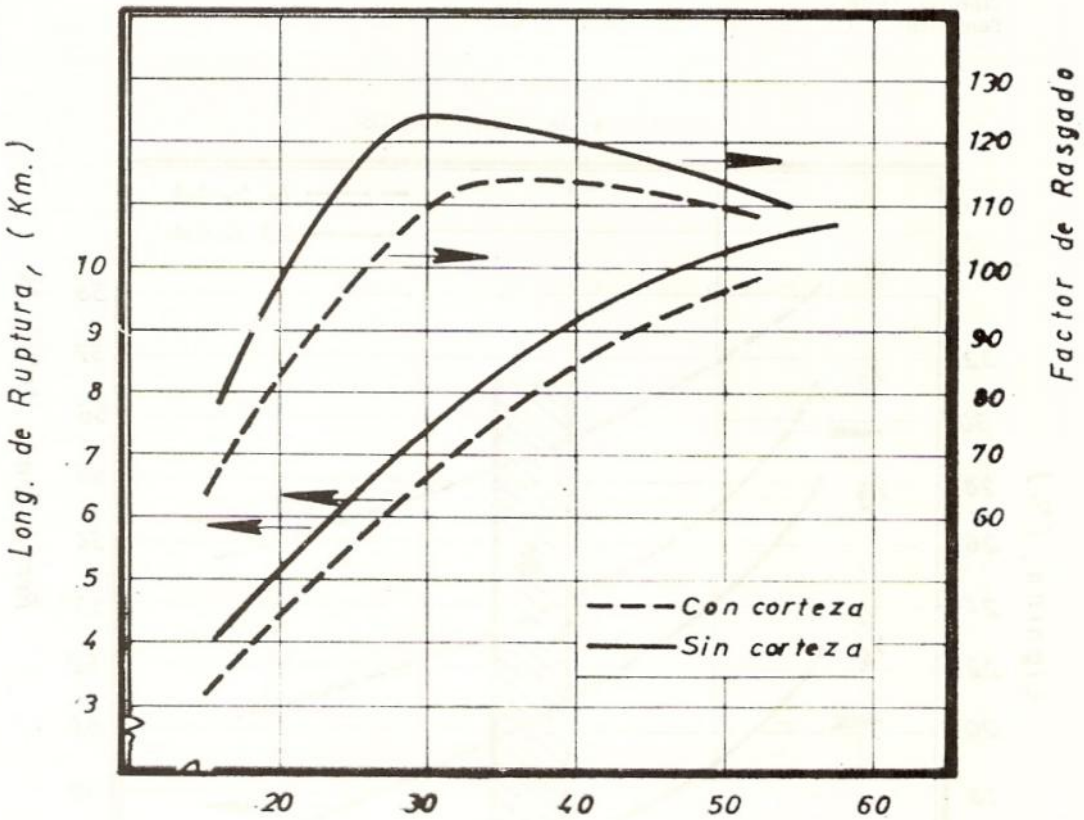


* C_c: Cloro consumido.

MADERA CON CORTEZA		C_c *	ETAPAS (% b.m.s.) E	H	P	H	Rendim. (% bms)	Blancura (° GE)
III.	Reactivos (%)	1,98	2	0,90	—	—		
	Consistenc. (%) ...	3	6	6	—	—	49,8	83
	Tiempo (min.)	30	120	40	—	—		
	Temperat. (°C)	17	60	40	—	—		
IV.	Reactivos (%)	3,61	2	0,64	—	—		
	Consistenc. (%) ...	3	6	6	—	—	45,1	90
	Temperat. (°C)	17	60	40	—	—		
	Tiempo (min.)	30	120	120	—	—		

GRÁFICO Nº 2

PROPIEDADES FISICOMECANICAS



DISCUSION

Los análisis químicos y físico de la madera están dentro del margen señalado por diferentes autores (4), (5) y (6) para esta especie crecida en otros países, con velocidad de crecimiento y edades semejantes.

Del análisis de los resultados de la experiencia de pulpajes se puede establecer que entre los valores del Factor «H» comprendido entre 1.000 y 1.200 se obtienen las mejores pulpas. Para valores menores aumentan los rechazos y el porcentaje de lignina, y para valores superiores el rendimiento baja sin una deslignificación significativa.

Al seleccionar el Factor «H» de 1.100 se aprecia que, usando una alcalinidad promedio de 17 %, el por ciento de lignina corresponde al promedio de

los valores obtenidos para el mismo factor «H», con 14 y 20 %. El rendimiento, sin embargo, es levemente inferior al promedio.

Con respecto a las propiedades físico-mecánicas de las pulpas consideradas, se puede demostrar que las variaciones encontradas no son significativas desde un punto de vista de utilización de los diferentes productos.

El blanqueo sólo pretende mostrar la facilidad con que se pueden obtener altas blancuras con las secuencias más simples. Incluso intensificando levemente el tratamiento con cloro, sin perjudicar apreciablemente el rendimiento, se obtienen blancuras de 90 °GE, con pulpas que incluyen corteza.

Está en programa un estudio de optimización de blanqueo, incluyendo dióxido de cloro, para altas blancuras.

CONCLUSIONES

1. Para la alcalinidad de 14 % el rendimiento total y el porcentaje de lignina varían con el Factor «H» de acuerdo a las siguientes ecuaciones, respectivamente:

$$Y_1 = 61{,}06724 - 0{,}71488\ x + 0{,}17313\ x\ 10^{-5}\ x^2$$
$$Y_2 = 4{,}06544 - 0{,}00235\ x + 0{,}67235\ x\ 10^{-6}\ x^2$$

2. Para una alcalinidad de 20 % el rendimiento total y el porcentaje de lignina varían con el Factor «H» de acuerdo a las siguientes ecuaciones, respectivamente:

$$Y_3 = 54{,}01128 - 0{,}00196\ x - 0{,}55217\ x\ 10^{-6}\ x^2$$
$$Y_4 = 3{,}70319 - 0{,}00387\ x + 0{,}10344\ x\ 10^{-5}\ x^2 + 0{,}95033\ .\ 10^{-9} x^3$$

3. Para una alcalinidad del 17 % y un Factor «H» de 1.100, los valores de rendimiento total y el porcentaje de lignina obtenidos se aproximan a la interpolación de los valores obtenidos con 14 y 20 % de alcalinidad, para el mismo Factor «H».

4. Las diferencias de las propiedades físico-mecánicas no son significativas entre las pulpas obtenidas, en el margen de variables consideradas en la experimentación.

5. Si se pulpa madera con corteza en las mismas condiciones que la madera descortezada no se aprecian diferencias significativas en el rendimiento clasificado. Sin embargo los rechazos aumentan y el número Kappa sube de 12 a 19.

6. Con un blanqueo (CEH) se alcanzan blancuras de 88 °GE, para pulpas obtenidas de madera sin corteza y con corteza, siempre que se duplique la cantidad de cloro en la primera etapa para el segundo caso.

7. Los rendimientos de las pulpas blanqueadas de madera con corteza son del orden de 7 % menores que aquellas obtenidas de madera descortezada.

8. Las propiedades físico-mecánicas de las pulpas crudas y blanqueadas obtenidas de madera sin corteza son, en todos los casos, superiores a aquellas obtenidas de madera con corteza.