

AVANCES DE INVESTIGACION

Análisis químico cuantitativo y condiciones de pulpaje kraft de colihue: Parte I*

Chemical analysis and kraft pulp production. Part I: colihue

SILVANA MARIANI A., MARCO TORRES U.

Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Isla Teja,
Valdivia, Chile. E-mail: smariani@uach.cl

SUMMARY

The pulp mass capability of the Chilean bamboo, colihue (*Chusquea culeou* E. desv.), was analyzed. Culms (3 m long), which were free from branches and had diameters between 13 and 36 mm, were collected in farms from southern Chile (X Region) for this purpose. Chemical, pulp and black liquor analyses were carried out using Technical Association Pulp and Paper Industry (TAPPI) rules. Packs of culms were taken to industrial chippers that specialized in timber-yielding species. The chips were subjected to a kraft process, with a varied alkali charge and a permanence time at 170 °C. The rest of the pulp conditions were kept constant. A high content of total extractable chemicals, soluble in 1% soda and ash, had values that clearly exceeded those found in timber-yielding species. On the other hand, the content of holocellulose and lignin were similar to those of hardwood species. Colihue chips produced by the industrial chipper showed granulometry according to that permitted by kraft pulp. The active alkali charge inside ranged from 12% to 16% o.d. wood and showed screened yields between 42.4% and 47.5% o.d. wood. Rejections ranged from 1.7% and 8.9% o.d. wood, with kappa numbers between 8.8 and 18.8. The increment in the active alkali charges directly resulted in a decrease in rejection and an increase in delignification. Colihue submitted to the kraft process exhibited very good pulp characteristics.

Key words: bamboo, chemical properties, kraft pulp.

RESUMEN

Se analiza la aptitud pulpable de una bambusácea nativa chilena, colihue (*Chusquea culeou* E. desv.), para lo cual se recolectan culmos entre 13 y 36 mm de diámetro con longitudes de 3 m, completamente limpios de ramas desde predios de la X Región de Chile. Los análisis químicos, pulpas y licores negros de cocción se realizan a través de normas TAPPI. Los culmos en paquetes se llevan al astillador industrial utilizado para especies maderables, estas astillas se someten a un proceso kraft variando la carga de álcali activo y tiempo de permanencia a 170°C, manteniendo constante el resto de las condiciones de pulpaje. Entre las propiedades químicas destaca el alto contenido de extraíbles totales, solubles en soda 1% y cenizas, valores que superan notablemente a los encontrados en especies maderables, en cambio el contenido de holocelulosa y lignina son similares a especies de latifoliadas. Las astillas de colihue producidas por el astillador industrial presentan granulometría conforme a lo permitido por el pulpaje kraft. La carga de álcali activo en el rango de 12 a 16% bms, otorga rendimientos clasificados entre 42,4 y 47,5% bms con rechazos entre 1,7 y 8,9% bms y números de Kappa entre 8,8 y 18,8. El aumento en la carga de álcali activo influye principalmente en la reducción de rechazo y aumento de la deslignificación. El colihue presenta muy buenas características pulpables como para destinarlo a proceso kraft.

Palabras claves: bambusácea, propiedades químicas, pulpaje kraft.

* Proyecto financiado por Proyecto FONDEF D98I-1002.

INTRODUCCION

Las bambusáceas crecen en Asia, Africa y Sudamérica, siendo la más importante materia prima para la producción de pulpa y papel en los países asiáticos, principalmente India, Bangladesh y China. En Brasil durante más de tres décadas se han estudiado variadas especies de bambusáceas, las cuales se utilizan puras o en mezclas con fibras cortas o largas provenientes de especies maderables. En Chile, sin embargo, la obtención de celulosa industrial se basa actualmente en tres especies maderables: *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*.

En Chile, once bambusáceas autóctonas crecen entre la V a la XI Regiones, desde la cordillera de los Andes hasta la cordillera de la Costa, formando matorrales en su mayoría impenetrables, especialmente en el sotobosque (1). Se ha estimado que existen 26 millones de toneladas de materia seca en pie considerando sólo los culmos, de estos, 9,85 millones corresponden a rodales puros de colihue concentrados entre la IX y XI Regiones de Chile (2). La FAO ha estimado que alrededor de 220.000 personas en Chile utilizan y procesan productos forestales no maderables para su comercialización (3), entre estos se cuenta el colihue (*Chusquea culeou* E. Desv.) utilizado en piezas de artesanía y muebles. Debido a la experiencia de los países que utilizan bambusáceas para la producción de papel, en Chile algunos investigadores han incursionado en estudiar dicha especie como potencial materia prima en la manufactura de productos tales como tableros y fibras para papelería (4, 5).

En el área de obtención de celulosa, el proceso sulfato o kraft es el que ha resultado más adecuado para las bambusáceas, logrando deslignificaciones satisfactorias y altos rendimientos. En procesos aplicados a bambusáceas, de la India (*Bambusa arundinacea*, *Dendrocalamus strictus*, *Ochlandra travancorica*), las condiciones se mueven en rangos de álcali activo: 20-22% (ox), sulfidez: 20-25%, temperatura: 115-170°C, ciclos de cocción de 2,0 a 2,5 horas y razón licor-madera de 1:4, como lo indican Rao *et al.* (6) y Casey (7). Mientras que autores como Ciaramello y Azzini (8), Gomide *et al.* (9) y Azevedo y de Lima (10), muestran que las condiciones de pulpaje para las bambusáceas de Brasil (*Gadua weberbaueri*, *Bambusa vulgaris*, *Bambusa vulgaris* var. *vittata*, *Bambusa oldhami*) se mueven en los rangos de álcali activo: 13-15%

bms (ox), sulfidez: 25%, temperatura: 165-170°C, ciclos de cocción de 2 horas y razón licor-madera de 1:4. En Chile, Rodríguez y Torres (5), aplicaron pulpaje kraft a colihue (*Chusquea culeou* E. Desv.) con condiciones que se mueven en rangos de álcali efectivo: 14-18% bms (ox), sulfidez: 25%, temperatura: 160-170°C, ciclos de cocción de 1,5 a 2,0 horas y razón licor-madera de 1:4.

MATERIAL Y METODOS

La materia prima corresponde a culmos de colihue (*Chusquea culeou* E. Desv.), recolectados en predios de la X Región de Chile completamente libres de follaje, con cutícula, diámetros que varían entre 13 a 36 mm y longitudes de 3 m. Se tomaron muestras aleatorias considerando zonas de nodos e internodos, los cuales se muelen por separado en molino y se tamizan para obtener el tamaño de partícula que exigen las normas a aplicar para determinaciones químicas cuantitativas, principalmente normas TAPPI (11) (cuadro 1).

Los culmos completos se ordenan en paquetes y se introducen en astillador industrial para madera, las astillas son clasificadas en un clasificador vibratorio plano de aperturas circulares de acuerdo a la norma TAPPI T 16 ts-61.

Se desechan las astillas de tamaño superior a la bandeja 11/8", el resto se empaqueta en bolsas de polietileno, del cual se toman astillas que se destinan a caracterización química denominada "mezcla" y otra parte se destina a los ensayos de cocción kraft, el rango de las variables a aplicar se escoge basándose en la bibliografía de otras bambusáceas. Las condiciones de cada cocción se presentan en el cuadro 2.

CUADRO 1

Normas para determinaciones químicas de colihue.
Rules for chemical determination of colihue.

Análisis	Norma
Solubles en soda al 1%	TAPPI T 212-om-88
Solubles en etanol-tolueno	TAPPI T 204-om-88
Holocelulosa	Método Poljak ¹¹
Lignina	TAPPI T 222 om-88
Cenizas	TAPPI T 15 om-88

CUADRO 2

Condiciones de pulpage kraft para colihue.
Conditions of kraft pulp for colihue.

Ensayo	Tiempo a T máxima (minutos)	Alcali activo %bms (ox)
1	30	12
2	50	12
3	70	12
4	30	14
5	50	14
6	70	14
7	30	16
8	50	16
9	70	16

Condiciones fijas: madera seca: 700 g.
Razón Licor /Madera: 4/1.
Temperatura máxima: 170°C, Sulfidez: 25%.
Tiempo hasta temperatura máxima: 90 minutos.

Los pulpajes se llevan a cabo en un digestor M/K System con recirculación de licor, una vez obtenida cada pulpa se separa el licor negro de cocción y se le determina el contenido de sólidos, densidad y álcali residual. Las astillas cocidas se desintegran, y la suspensión fibrosa se clasifica, obteniendo la pulpa clasificada y el rechazo.

RESULTADOS

Composición química: En el cuadro 3 se presentan los resultados de propiedades químicas, si se comparan las zonas nodos e internodos, se aprecia que

la mayor diferencia se da en el contenido de extraíbles totales y cenizas, el cual resulta mayor para la zona de internodo en 6,0 y 8,3%, respectivamente, no apreciando, en general, diferencias marcadas entre nodos e internodos.

Los valores en contenido de holocelulosa y lignina, son comparables a los de diversas latifoliadas, sin embargo, el contenido de solubles en soda al 1% resulta alrededor de un 100% superior a los presentes en especies maderables, lo mismo ocurre con los solubles en etanol-tolueno, donde la diferencia es importante al compararlos con especies maderables, en las cuales el contenido de estos solubles no supera en general el 5% bms, mientras que el contenido de cenizas también supera ampliamente los valores encontrados para especies maderables en las cuales los rangos se encuentran entre 0,2 a 0,88% bms (7, 13, 14) (cuadro 3).

Astillado y clasificación de astillas: Durante el astillado industrial se observó que introducir los culmos sueltos al astillador ocasiona una gran cantidad de astillas fuera de especificación, debido a que el culmo sufre muchos desgarros en forma de varas, lo que se traduce finalmente en pérdida de materia prima, sin embargo, al introducir los culmos en paquetes de diámetros aprox. entre 25 a 30 cm, el proceso se mejora ostensiblemente.

En la figura 1 se aprecia el tipo de astilla resultante durante la alimentación de paquetes de culmos al astillador. A continuación la clasificación de astillas se realiza sobre la distribución de tamaño con las que se trabaja en la cocción eliminando las astillas con sobretamaño (cuadro 4). El astillado del colihue resulta bastante parejo dado que los porcentajes de cada fracción de tamaño de astillas

CUADRO 3

Análisis químico del colihue.
Chemical analyses of colihue.

Propiedades	Nodo	Internodo	Mezcla
Solubles Soda al 1% (% bms)	32,0	33,5	30,0
Solubles Etanol-tolueno (% bms)	14,6	14,9	6,5
Extraíbles totales (% bms)	16,8	17,8	9,4
Holocelulosa (% bmsle)	73,1	71,9	72,4
Lignina (% bmsle)	22,3	23,0	23,9
Cenizas (% bms)	1,2	1,3	1,5

es prácticamente igual, además la fracción de las astillas de 3/16" es menor.

En el cuadro 3 se aprecia también la caracterización química denominada "mezcla", que corresponde a la caracterización del material utilizado en la cocción, se puede observar que la presencia de extraíbles totales se reduce en alrededor de un 45%, esto debido principalmente a que el material contiene menor porcentaje de cutícula, el cual fue eliminado al suprimir las varas que se produjeron por desgarramiento durante el astillado. El contenido de los diferentes componentes químicos del colihue en este estudio, resulta muy similar a los valores encontrados por Rijo *et al.* (4), con respecto a bambusáceas de otras procedencias como Brasil e India (7-10), el colihue presenta valores similares en contenido de holocelulosa y lignina, pero superiores en solubles en soda 1% y cenizas.

Proceso de pulpaje: En el cuadro 5 se aprecian los resultados del pulpaje kraft.

Para las condiciones estudiadas, el colihue presenta rendimientos clasificados entre 42,4 a 47,5% bms, menores a los rendimientos de especies maderables (7, 13, 14), sin embargo, hay que considerar que este es un estudio preliminar donde no todas las variables de proceso están optimizadas, por lo que se prevé posible obtener rendimientos similares a especies maderables, estando los valores obtenidos dentro de los rangos de otras bambusáceas.

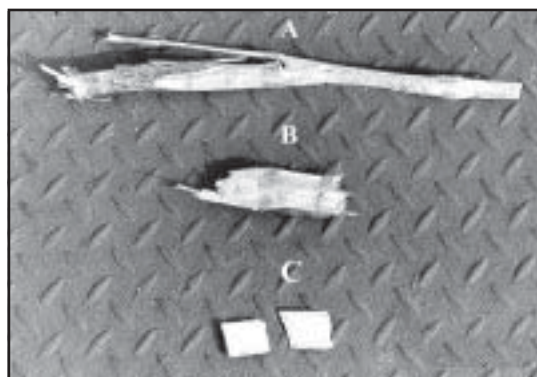


Figura 1. Tamaño de astillas de colihue. A: Desgarro de cutícula en forma de varas. B: Astillas sobretamaño. C: Astillas destinadas a pulpaje kraft.

Chips size of colihue. A: tearing of cuticle. B: oversize chips. C: Chips used in kraft pulping.

CUADRO 4

Clasificación tamaño de astillas para colihue.
 Classification size of chips for colihue.

Tamaño (pulg)	Colihue (% p/p)
7/8	29,2
5/8	28,2
3/8	28,7
3/16	13,9

CUADRO 5

Resultados de los pulpajes kraft de colihue.
 Kraft pulp and black liquor results of colihue.

Pulpaje	Respuestas en pulpa			Respuestas en licor negro			
	Rendimiento clasificado % bms	Rechazo % bms	Rendimiento total % bms	Número de Kappa	Alcali consumido % bms	Sólidos totales	
						% p/p	g/cm ³
1	42,4	8,9	51,3	16,9	9,8	15,7	1,069
2	45,5	6,9	52,4	17,1	10,3	14,9	1,065
3	47,5	4,3	51,8	18,8	10,7	15,0	1,069
4	44,9	3,4	48,3	11,8	11,3	16,5	1,078
5	45,4	3,0	48,4	11,1	11,6	15,4	1,075
6	45,2	2,7	47,9	11,0	11,7	16,1	1,075
7	46,4	1,9	48,3	9,6	11,8	17,7	1,088
8	45,6	2,2	47,8	8,8	12,8	16,6	1,082
9	45,5	1,7	47,2	9,5	13,3	17,1	1,085

El porcentaje de rechazos fluctúa entre 1,7 a 8,9% bms, siendo esta respuesta mayormente influenciada cuando la carga de álcali activo aumenta de 12 a 14% bms, observando un leve efecto del tiempo a temperatura máxima (figura 2).

Mientras que la deslignificación presenta un fuerte efecto con el aumento de carga de álcali activo, no se aprecia efecto del tiempo a temperatura máxima (figura 3), apreciando que una carga de álcali activo de 12% bms es suficiente para obtener una pulpa con número de Kappa menor a 20, apta para ser sometida a posteriores procesos de blanqueo. Además, al aumentar la carga de álcali activo se produjo un aumento en el consumo de álcali y por ende a un aumento en disolución de lignina y degradación de los otros componentes del material, esto repercutió en un claro incremento del porcentaje de sólidos totales en el licor negro (cuadro 5).

Los porcentajes de clasificado y deslignificación de la pulpa resultan superiores a los obtenidos por Rodríguez y Torres (5) cuando trabajaron con colihue de la zona sur de Chile y también superiores a los obtenidos por Azevedo *et al.* (10) que trabajaron en condiciones similares aplicadas a *Bambusa vulgaris*.

Además, si complementamos los resultados obtenidos en este trabajo con los valores de densidad y longitud de fibra del colihue que se presentan en el cuadro 6, podemos afirmar que el material fibroso proveniente de colihue es apto como materia prima para la obtención de celulosa kraft.

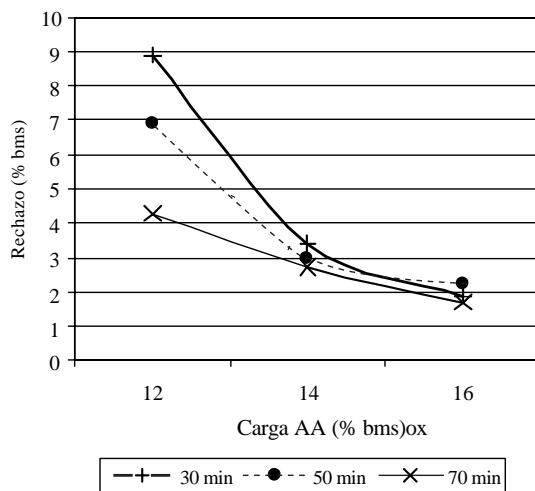


Figura 2. Efecto de la carga de álcali activo y tiempo a T_{máx} sobre la obtención de rechazo.

Effect of alkali charge and time T max. on rejects.

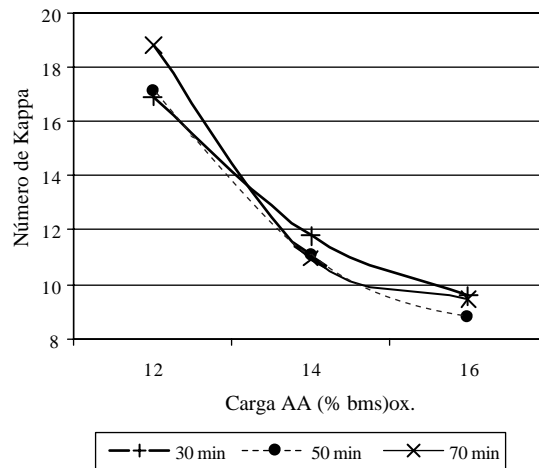


Figura 3. Efecto de la carga de álcali activo y tiempo a T_{máx} sobre el número de Kappa.

Effect of alkali charge and time T_{max} on Kappa number.

CUADRO 6

Propiedades físicas del colihue (15).

Physical properties of colihue.

Propiedad	Colihue	
	Nodo	Internodo
Densidad básica (g/cm ³)	0,652	0,529
Longitud de fibra (mm)	1,04	1,75

CONCLUSIONES

Los culmos de colihue presentan características químicas y pulpables aptas para su disposición como materia prima para la obtención de pulpa kraft. Fue posible utilizar el mismo astillador industrial para material maderable, obteniendo astillas de granulometría adecuada para el proceso kraft.

Estudiando más a fondo las variables que inciden en el proceso es posible obtener rendimientos similares a los obtenidos con materia prima maderable, con la ventaja de poder reducir la carga de reactivos para obtener números de Kappa alrededor de 20.

La posible desventaja es el alto contenido de cenizas, el cual en un proceso kraft podría traducirse en un alto nivel de acumulación de mate-

rial inorgánico en las etapas de recuperación de reactivos.

BIBLIOGRAFIA

- (1) CAMPOS J., R. PEÑALOZA. Informe Nacional bambú y Ratán en Chile. *Boletín del Bambú en Chile*. Año 1. N° 1:5-6. 1999.
- (2) Bambú en Chile. In: Red Chilena del Bambú homepage. [citado el 30.08.2002] Disponible en: <<http://www.bambu.cl>>.
- (3) FAO. *Productos forestales no madereros en Chile*. Serie Forestal N° 10. 1998.
- (4) RIJO C., H. POBLETE, J. DIAZ-VAZ, M. TORRES, A. FERNANDEZ. Estudio de algunas características anatómicas, físicas y químicas de *Chusquea culeou* (Colihue). *Bosque*, Vol. 8, N° 1, p. 59-61. 1987.
- (5) RODRIGUEZ S., M. TORRES. Utilización de coligüe (*Chusquea culeou*) en la fabricación de pulpa química. *Ciencia e Investigación Forestal*. Vol. 9, N° 2, p. 165-175. 1995.
- (6) RAO A., R. VARADHAN, N. RAO, N. MURTHY. Polysulfide pulping of bamboo. *Tappi*. Vol. 61, N° 5, p. 81-83. 1978.
- (7) CASEY J. *Pulpa y Papel. Química y Tecnología Química*. V1. 1ª ed. Editorial LIMUSA. México. 1990. 950 p.
- (8) CIARAMELLO D., A. AZZINI. Bambu como matéria prima para papel. *O Papel*. N° 32, p. 33-40. 1971.
- (9) GOMIDE J., J. COLODETTE, R. DE OLIVEIRA. Estudos das potencialidades do bambusa vulgaris para produção de papéis tipo kraft. *O Papel*. N° 7, p. 38-42. 1982.
- (10) DE AZEVEDO A., F. DE LIMA. O bambu do Estado do Acre, uma nova aproximação. *O Papel*. N° 10, p. 20-30. 1994.
- (11) TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. *Tappi Testing Procedures*. 1975. Vol. 1 y 2.
- (12) NAVARRO J. *Temas de la fabricación del papel*. Editorial Marfil S.A. España. 1970. 97 p.
- (13) URZUA D., J. AGUILAR, J. DIAZ-VAZ, G. GUERREO, C. PEREDO, C. VERGARA, L. INZUNZA, M. TORRES. Utilización silvoagropecuaria de terrenos de Ñadi. Aspectos tecnológicos de las maderas de Ñadi. Informe de convenio N° 54. Universidad Austral de Chile. 1982. 50 p.
- (14) RODRIGUEZ S., M. TORRES. Obtención de pulpa kraft a partir de *Pinus patula*, *Pinus taeda* y *Pinus elliotti* crecidos en Chile. *V Congreso latinoamericano de la Celulosa y el Papel*. Santiago- Chile. 1989. 10 p.
- (15) INTEC. *Boletín del bambú en Chile*. N° 3. 2001. 16 p.