

PULPA MECANOQUIMICA A LA SODA EN FRIO Y A LA SODA SULFITO A PARTIR DE *Eucalyptus globulus Labill*

Soledad Ortíz Cueva¹
Jorge Bueno Zárate²

RESUMEN

Dos tipos de pulpa mecanoquímica se obtuvieron mediante los procesos a la Soda en Frío y a la Soda-Sulfito a partir de la madera de *Eucalyptus globulus Labill* proveniente del departamento de Junín, obteniéndose rendimientos de 82.9 a 85.7 % y blancuras de 47.9 a 53.3 % para la primera y rendimientos de 84.4 a 86.9 %, blancuras de 53.3 a 56.1 % con la segunda pulpa.

Ambos procesos constan de dos etapas, una de tratamiento químico consistente en una impregnación de la madera en el reactivo respectivo y un tratamiento mecánico por el que se pasan las astillas pretratadas por un desfibrador de discos. La pulpa obtenida se halló apropiada para su uso en papel periódico, cartón corrugado y para ser usada en mezclas con pulpas químicas para la elaboración de otros tipos de papel.

SUMMARY

Two types of mechano-chemical pulps were obtained from cold soda and soda-sulphite processes from *Eucalyptus globulus L.* wood of Junín (Perú). Yields from 83 to 86 per cent and brightness from 46 to 54 per cent were obtained from the former pulp while yields from 84 to 87 per cent and brightness from 51 to 58 per cent were obtained from the latter.

Both processes consist of two phases, a chemical treatment based on soaking the wood in the respective chemical and a mechanical treatment in which the pretreated chips are passed through a disk refiner. The pulp obtained was found suitable for newsprint manufacturing and corrugated board and can also be used in blends with chemical pulps for the fabrication of other types of paper.

1. INTRODUCCION

El eucalipto viene siendo empleado desde hace mucho tiempo en la fabricación de pulpa y papel en varios países. Brasil, Portugal, España y Sudáfrica ya emplean plantaciones de esta especie para proveer de materia prima a la Industria de pulpa y papel.

El Perú cuenta con más de 187 000 ha de plantaciones de *Eucalyptus globulus* establecidas en la región andina principalmente. Por ser ésta una especie de rápido crecimiento y por tener características papeleras apropiadas, es conveniente el estudio de las propiedades de una pulpa de alto rendimiento obtenida de ella.

La presente investigación proporciona información sobre el rendimiento y calidad de pulpa mecanoquímica obtenida mediante los procesos a la soda en frío y a la soda-sulfito, a partir de la madera de *Eucalyptus globulus Labill*, proveniente de Junín.

¹ Ingeniero forestal

² Profesor Principal, Departamento Académico de Industrias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina.

2. REVISION DE LITERATURA

MERTENS (20) señala que el área de distribución natural de *Eucalyptus globulus* ubicada entre las latitudes 30° y 43° 36' sur y las longitudes 143° y 151° este, cubre el sudeste del Estado de Nueva Galos del Sur, el este del Estado de Victoria, la costa este de Tasmania y las Islas Flinders y King.

En el Perú, afirma Soukoup (23) que los primeros eucaliptos aparecieron en la ciudad de Huancayo en 1865 durante el gobierno de Manuel Pardo; las semillas fueron importadas de Australia.

BUENO y otros (5) señalan que en el Perú esta especie se ha distribuido prácticamente a todo lo largo de la Sierra y los valles de sus vertientes Occidental y Oriental, entre 5° y 18° latitud sur desde el nivel del mar, hasta 4 000 metros sobre el nivel del mar.

AGUIRRE (1) señala que esta especie ocupa formaciones típicamente de montaña con temperatura máxima promedio de 18° y 23° y mínima promedio de 4°C, frecuencia de heladas entre 0 y 10, precipitaciones invernales de 600 a 1 500 mm al año.

COZZO (9) y DRAFT (12) y otros mencionan que el *Eucalyptus globulus* alcanza en promedio de 30 a 65 m de altura, tiene porte relativamente majestuoso con follaje medianamente denso. La corteza es caduca, desprendiéndose en largas tiras; la corteza nueva es lisa, plateada y ligeramente azulada, más tarde se torna gris amarillenta. Su madera presenta una albura de color blanco - crema y duramen blanco - rosáceo a castaño claro con anillos anuales poco diferenciados; es de textura mediana, grano derecho a entrecruzado, de mediana resistencia y duración. Es semidura y pesada. La densidad básica varía de 0.47 a 0.72.

La DIRECCION GENERAL DE FORESTACION (11) afirma que hasta el año 1985, se ha reforestado a nivel de todo el país 208 637 ha principalmente con *Eucalyptus globulus* en los departamentos de la región andina del Perú (más del 90%).

BUENO y otros (5) mencionan que la densidad básica promedio de la madera de *Eucalyptus globulus* es 0.57 siendo de acuerdo a ella una madera de densidad media que se utiliza en el país para construcciones, pisos, muebles rústicos, carrocerías, madera para minas, durmientes, postes para líneas eléctricas de baja tensión, carbonización y combustible y que se ha iniciado su utilización en parquet y mangos de herramientas. Además que en otros países se emplea para láminas, tableros de partículas, pulpa para papel, cartón y tableros de fibra y pulpa para disolver.

SULLUCHUCO y PEREZ (24) y TRUJILLO (25) dan la composición química de la madera de *Eucalyptus globulus*, proveniente del departamento de Junín, que se muestra en el Cuadro 1.

FAO (14) señala que la densidad básica de la madera de *Eucalyptus globulus* está en el rango normal de maderas latifoliadas para papel. Las fibras son de longitud normal para latifoliadas, delgadas pero también de paredes muy finas lo cual implica suficiente flexibilidad para las propiedades de enlace en el papel. El contenido de lignina está en el rango normal promedio de latifoliadas para papel acercándose al límite inferior lo cual facilita los procesos químicos. La misma fuente señala que la especie se adapta bien al proceso a la soda y da una pulpa de buena calidad y rendimiento.

En el Perú se han realizado varios estudios sobre la aptitud papelera de la madera de *Eucalyptus globulus* utilizando procesos químicos y semiquímicos, entre los cuales cabe mencionar el estudio

realizado por BUENO y TRUJILLO (6) en el que se empleó el proceso químico al sulfato y se obtuvo una pulpa de buena calidad dentro de las pulpas químicas. Otro estudio es el realizado por SULLUCHUCO y PEREZ (24) en el que se empleó el proceso semiquímico al sulfato logrando también resultados satisfactorios. Cabe mencionar también el trabajo de NUÑEZ (21) en el que también se empleó un proceso semiquímico pero al sulfito neutro de sodio logrando buenos resultados.

MC GOVERN (18) y SMOOK (22) afirman que los procesos semiquímicos y mecanoquímicos de obtención de pulpa se pueden situar entre los métodos clásicos de fabricación de pulpa mecánica y de pulpa química las cuales emplean fundamentalmente ya sea energía mecánica o química (más calor), respectivamente para la separación de fibras. Estos procedimientos intermedios, en términos generales, se definen como proceso en dos etapas, que implican: (1) un tratamiento químico moderado de la materia prima fibrosa para separar, parcialmente o, en cierto modo degradar o afectar las uniones entre fibras, seguida por (2) un tratamiento mecánico, denominado desfibrado, que produce la separación de las fibras en una pulpa apta para la fabricación de papel.

BUENO (4) señala que los rendimientos para estos tipos de pulpas se encuentran entre un rango de 71 a 85 %.

En el Cuadro 2 se dan los resultados de dos tipos de pulpa semiquímicas: al sulfato y al sulfito neutro de sodio, de acuerdo a Sulluchuco y Pérez y Núñez.

CUADRO 1 Composición Química de la Madera de *Eucalyptus globulus* Labill

Componente	Determinación	
	(A)	(B)
	%	%
Celulosa	44,61	49,85
Pentosanos	15,01	17,28
Lignina	22,24	30,59
Cenizas	0,56	0,40
Extractivos A-B	4,06	2,23
Sílice	0,044	0,03

Fuente: (A) Sulluchuco y Pérez (24)

(B) Trujillo (25)

Variables	Pulpa	
	A	B
Rendimiento %	67,50	71,00
Nº de revoluciones PFI	3300	1950
Grado Shopper Riegler °SR	45	45
Longitud de rotura m	6384	5668
Alargamiento por tensión %	3,10	2,30
Índice de reventamiento	35,99	34,10
Índice de rasgado	79,51	78,40
Porosidad (seg/100cc)	13,82	8,00
Blancura %	34,30	53,30
Índice de cloro %	21,63	18,52

Fuente: (A) Sulluchuco y Pérez (24)(B) Nuñez (21)

LIBBY (16) da una información mucho más amplia acerca de la variedad de usos de las pulpas semiquímicas y mecanoquímicas, la cual figura en el Cuadro 3.

CASEY (8) menciona que el proceso a la soda en frío es el más antiguo de los procesos mecanoquímicos y que consiste en remojar las astillas de madera en una solución de hidróxido de sodio a baja temperatura antes del desfibrado.

MAC DONALD (15) señala que las astillas se mantienen a temperatura y presión ambiental obteniendo rendimientos de 85 a 90 %.

HENRY (13) probó con tres diferentes especies de eucalipto: *E. saligna*, *L. grandis* y *L. globulus*; mediante el proceso de soda en frío, produciendo pulpas de buena resistencia y alta blancura. Remarca también que no se requiere blanqueo para la elaboración de papel periódico. Henry explica que la alta blancura de estas pulpas se debe a la alta solubilidad en soluciones alcalinas de los componentes tánicos colorantes formados durante la reacción con la soda cáustica, mientras que los componentes polifenólicos presentes en la mayoría de las otras latifoliadas oscurecen y no son solubles en álcali precipitando así sobre las fibras.

En Chile, MELO y otros (17) experimentaron con maderas nativas mediante el proceso de soda en frío, preparándose pulpas típicas crudas y semiblancas. La desfibración se logró mediante la adaptación de un refinador de discos completándose la refinación en una piña holandesa. Se obtuvieron rendimientos de 82 hasta 87 %, calificándose las pulpas para su empleo en la fabricación de papel corrugado y de papel de diarios. En el Cuadro 4 se observan algunos resultados.

AHLEN (2) ensayó con la especie *Gmelina arborea* bajo el proceso soda-sulfito, basado en el proceso soda en frío pero usando una adición de sulfito de sodio; obteniendo una pulpa que podría usarse en la fabricación de papel periódico sin necesidad de blanqueo. Se obtuvieron rendimientos de 85 a 88 %, además se obtuvo una ganancia de blancura de orden de 4 % respecto al proceso que emplea sólo soda como reactivo.

DE CHOUDENS (8) en un estudio que trata sobre el pretratamiento de las astillas de abedul en una solución de 1.6 % de sulfito de sodio y 1.0 por ciento de sosa (basado en el peso seco de la madera), afirma que éste mejora sensiblemente la longitud de rotura, el reventamiento y el rasgado.

BIRGITTA y NELSON (3) ensayando con muestras de madera de abedul, sometieron a un pretratamiento químico las astillas en una solución de sulfito de sodio, advirtiendo que éste no suaviza la madera. El hidróxido de sodio, por otro lado, tiene un considerable efecto de ablandamiento. Señalan los mismos autores (3) que cuando se usa sulfito de sodio en adición al hidróxido de sodio en el licor de impregnación, se logra un ablandamiento adicional, en la madera de abedul.

EUR CONTROL (11) define el refinado como un tratamiento mecánico sobre las fibras, cuyo efecto varía con el tipo de refinador y condiciones de operación. El mismo autor sostiene que un efecto importante en el refinado es destruir o romper externamente la pared primaria y también la pared secundaria las que sufren hinchamiento ocurriendo cambios en su estructura química, atribuyéndose el aumento de la resistencia de la pulpa a esta eliminación de la pared primaria durante el refinado.

BUENO (5) y EUR CONTROL (11), indican que normalmente para el control del refinado se utiliza el método de Shopper Riegler, basado en la drenabilidad de la pulpa, y se utiliza a una

concentración de la pulpa de 2 g/l y a una temperatura media de 20 °C, recomendándose doble evaluación de la muestra con un error máximo de 4%.

CUADRO 3. Productos en los cuales se usan las pulpas semiquímicas y mecanoquímicas

Sin blanquear	Blanqueadas
Corrugados y "liners"	Libros, revistas, base para papel recubierto papel periódico
Cartones especiales	Papel "bond", de escritura, etc.
Papel para periódico	Papeles "giassine" y a prueba de grasa
Papel absorbente	Papel "tissue" y para toallas
Papel para envoltura	Cartones para envases de alimentos, cartones especiales

Fuente: Libby (14)

CUADRO 4 Pulpaje Soda Fría con mezclas de maderas de Chile. (Evaluadas a 50 °SR)

Concentración NaOH (g/l)	Rendimiento (%)	Longitud de rotura(m)	Indicé de rasgado
20	86,90	1340	44,00
40	82,60	1400	50,50
50	84,40	1540	54,50

Fuente: Melo y otros (17)

3. MATERIALES Y METODOS

El estudio fue realizado en el Laboratorio de Pulpa y Papel del Departamento Académico de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria, La Molina.

3.1. Muestras de Madera

Las muestras de madera de *Eucalyptus globulus* Labill fueron colectadas en el Fundo El Porvenir de CENTROMIN PERU, en la provincia de Huancayo del departamento de Junín. Se tomaron al azar cinco árboles y de cada árbol tres trozas de la parte superior, media y basal.

3.2. Obtención de Pulpas

La madera fue astillada siguiendo el procedimiento del Laboratorio de Pulpa y Papel (3). Se obtuvo pulpa a la soda en frío y pulpa a la soda - sulfito bajo las siguientes condiciones:

a) Condiciones del tratamiento Químico

Para el proceso Soda en Frío

- Reactivo : NaOH (25, 50 y 75 g/l)
- Relación reactivo/madera seca : 4/1
- Temperatura y presión : ambiental
- Tiempo de impregnación : 20 y 26 horas

- Cantidad de madera seca : 300 g.

Para el proceso Soda-Sulfito

- Reactivos : NaOH (25, 50 y 75 g/l), Na₂SO₃ (25 g/l)
- Relación líquido/madera seca : 4/1
- Temperatura y presión : ambiental
- Tiempo de Impregnación : 20 y 26 horas
- Cantidad de madera seca : 300 g

En el Cuadro 5 se resumen las condiciones de tratamiento químico para los procesos soda en frío y soda - sulfito.

b) Condiciones de la Etapa Mecánica

Las astillas reblandecidas después del tratamiento químico se pasaron por un desfibrador de discos Santalo de 20 cm de diámetro. Se realizaron cuatro pasadas hasta obtener la pulpa, disminuyendo las separaciones entre discos. Esta etapa se realizó igual para ambos procesos.

Las pulpas se recibieron lavadas sobre una malla No. 150 y se homogeneizaron en un Cripto Perles.

Proceso	Reactivos y Concentración	Tiempo de Impregnación (horas) Pulpas	
		26	20
Soda en Frio	g/l		
	NaOH 75	M1	M4
	50	M2	M5
	25	M3	M6
Soda Sulfito	NaOH + Na ₂ S ₃ g/l		
	75 + 25	M'1	M' 4
	50+25	M' 2	M' 5
	25+25	M' 3	M' 6

3.3. Evaluación de Pulpas

El refinado se realizó según SCAN 24:67 en refinador PFI de 2000 a 7000 vueltas y el control de refinado por drenabilidad en °SR conforme SCAN-M3:65.

La evaluación de las propiedades físicas de las pulpas se hizo a cuatro °SR; uno de pulpa sin refinar y otros tres obtenidos en el refinado.

Las hojas de ensayo se obtuvieron según TAPPI 205-os-71. El acondicionamiento de las hojas (a 20°C ± 2°C y 65% de HR ± 2% HR), la determinación de la porosidad y la blancura según ITINTEC 272.018 y 272.033 respectivamente. La resistencia a la tensión, al reventamiento, al rasgado y el alargamiento por tensión según TAPPI 220-os-71.

Sobre las doce pulpas obtenidas se determinó el índice de cloro de acuerdo a SCAN-C-29:72.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Pulpa a la Soda en Frío

Los resultados de los ensayos físico-mecánicos de las pulpas a la soda en frío así como los valores de rendimiento se dan en el Cuadro 6.

El rendimiento de esta pulpa varía de 83.3 a 85.7% con el período de impregnación de 26 horas, mientras que con el período de 20 horas el rendimiento varía de 82.9 a 85.4%. Se observa que el rendimiento es mayor con las pulpas impregnadas por 26 horas que con las impregnadas por 20 horas, debido a que con un menor tiempo en contacto con el álcali se solubilizan ciertas fracciones de la madera de eucalipto que con un mayor tiempo se insolubilizan y condensan causando el aumento de rendimiento.

Los rendimientos resultan similares a los obtenidos por Melo (17) el cual empleó condiciones diferentes a las del presente trabajo.

Se determinó el índice de cloro de las pulpas obtenidas según la norma SCAN-C 29:72 el cual en rigor es aplicable a pulpas químicas y semiquímicas blanqueadas y sin blanquear. Dicho índice, según Bueno (5), tiene correlación con la lignina residual de la pulpa.

Al evaluar el comportamiento de las pulpas a la soda en frío ante el refinado para obtener 45 °SR en el refinador PFI relacionado al índice de cloro de las mismas se observó lo siguiente:

Pulpa	Índice de cloro (%)	Refinado a Revoluciones PFI	45 °SR Tiempo (s)
M ₁	26,30	5200	213,70
M ₂	27,50	6136	252,20
M ₃	26,9	5500	226,00
M ₄	28,60	6382	262,70
M ₅	25,90	5583	229,40
M ₆	27,70	5500	226,00

La pulpa M₁ fue la más fácil de refinar coincidiendo con tener un bajo índice de cloro, sin embargo la pulpa M₅ que tiene el índice más bajo resulta menos fácil de refinar.

De lo anteriormente expuesto se deduce que debido a la variabilidad existente entre facilidad de refinado o índice de cloro, son otros los factores que influyen significativamente en tal comportamiento.

La evolución de la resistencia de la pulpa a la soda en frío se observa en el Cuadro 6, la que experimenta un aumento al refinarla. Este aumento es constante para el caso de la longitud de rotura. El índice de reventamiento tiene igual comportamiento salvo en la M₃, EL ID aumenta en todas las pulpas y desciende a partir de cierto °SR en las pulpas M₂, M₃ y M₅.

Para los fines de una mejor comparación de las características de las pulpas estudiadas se realizó un ajuste de sus propiedades físico-mecánicas a 45 °SR el cual se encuentra en el Cuadro 7.

La longitud de rotura de 1.3 pulpa a la soda en frío es máxima en las pulpas M₂ y M₅ producto de una impregnación con 50 g/l de NaOH durante 26 y 20 horas respectivamente.

El índice de reventamiento de esta pulpa es máximo en la M₂ y M₃ impregnadas con 50 g/l de NaOH durante 26 y 20 horas respectivamente.

El índice de rasgado es máximo en la pulpa M₁ y M₄ impregnadas con 75 g/l de NaOH durante 26 y 20 horas respectivamente.

La blancura de las pulpas soda en frío es similar para ambos periodos de impregnación y es ligeramente mayor con la concentración de 25 g/l, según se observa en el Cuadro 7.

4.2. Pulpa a la Soda-Sulfito

Los resultados de los ensayos físico -mecánicos de las pulpas a la soda-sulfito así como los valores de rendimiento se dan en el Cuadro 6.

El rendimiento de esta pulpa varía de 84.4 a 85.4% con el período de impregnación de 26 horas y de 86.1 a 86.9% con el período de impregnación de 20 horas; este mayor rendimiento se atribuye a la acción del sulfito de sodio.

Se determinó el índice de cloro de las pulpas obtenidas según la norma SCAN-C 29:72 el cual en rigor se aplica a pulpas químicas y semiquímicas blanqueadas y sin blanquear.

Al evaluar el comportamiento de las pulpas a la soda-sulfito ante el refinado para obtener 45 °SR en el refinador PFI relacionado con el índice de cloro de las mismas, se observó lo siguiente:

Pulpa	Índice de cloro (%)	Refinado a Revoluciones PFI	45 °SR Tiempo (s)
M1'	30,10	5857	240,70
M2'	28,00	5977	245,60
M3'	25,80	5368	220,60
M4'	26,50	6187	254,30
M5'	24,40	5882	241,70
M6'	23,80	777	245,60

La pulpa M₃' fue la más fácil de refinar y tiene el menor índice de cloro, sin embargo sucede lo contrario con la pulpa M₅' que sin tener el más bajo índice de cloro se refina fácilmente. Esta variabilidad entre facilidad de refinado e índice de cloro se debe a que son otros los factores que influyen en tal comportamiento.

La evolución de la resistencia de la pulpa a la soda-sulfito se observa en el Cuadro 6, la que experimenta un aumento en el caso de la longitud de rotura y del índice de reventamiento es constante. El índice de rasgado aumenta en M₃' y M₆' y en las otras desciende a partir de determinado °SR.

Para los fines de una mejor comparación de las características de estas pulpas se realizó un ajuste de sus propiedades físico-mecánicas a 45 ° SR el cual se da en el Cuadro 7.

Cuadro 6: Pulpa a la Soda en frío y Pulpa a la Soda-Sulfito de *Eucalyptus globulus* Labill

Proceso	Pulpa	Condiciones del Proceso		Rendimiento(%)	Refinado		Blancura (%)	Porosidad (seg/100cm ³)	Longitud de rotura (m)	Indice de Reventa miento	Indice de Rasgado
		Reactivo (g/l)	Tiempo de impregnación (horas)		No.de Revoluciones PFI	°SR					
S O D A E N F R I O NaOH	M1	75	26	83,30	0	15,50	46,60	0,80	1487	11,30	28,50
					3000	27,50	47,10	1,40	3697	14,90	52,50
					5000	43,00	48,20	2,40	4115	17,80	62,30
					5500	48,00	47,40	3,40	4689	21,80	63,10
	M2	50	26	84,00	0	13,30	49,30	0,70	1154	7,60	30,50
					2000	17,50	49,60	1,40	2428	8,50	41,40
					6000	43,50	49,20	4,00	4469	19,30	50,00
					7000	54,5	49,30	7,30	4638	23,50	48,20
	M3	25	26	85,70	0	13,30	50,90	0,20	964	8,20	23,00
					3000	24,20	52,60	0,40	2954	11,80	42,50
					5000	40,00	52,60	0,70	3496	18,60	55,60
					5500	45,00	53,3	0,80	3952	18,60	54,70
	M4	75	20	82,90	0	13,30	49,30	1,70	877	7,50	29,40
					3000	21,00	50,30	2,40	3215	12,70	47,30
					5000	34,00	50,20	1,60	3643	16,80	65,30
					7000	49,80	50,30	7,00	5159	23,20	67,30
	M5	50	20	82,90	0	15,90	49,40	0,70	1559	8,90	35,5
					3000	25,50	50,00	1,40	3866	15,30	56,80
					5000	37,30	49,70	2,80	4427	20,20	63,80
					6000	50,50	49,80	6,30	4918	22,80	63,70
	M6	25	20	85,40	0	13,30	51,70	0,20	555	8,30	21,90
					3000	24,30	53,90	0,40	2720	11,10	42,50
					5000	42,00	54,00	0,70	3564	17,30	53,60
					5500	450	533	8	4070	19,70	-57,2
S O D A E N F R I O NaOH + Na2SO3	M' 1	75+25	26	84,40	0	13,30	52,80	0,70	1469	8,30	29,40
					3000	23,50	54,30	1,00	4038	16,00	53,40
					5500	40,50	55,60	4,70	4984	21,70	64,30
					6000	46,80	54,00	4,30	5022	25,30	59,60
	M' 2	50+25	26	85,40	0	12,00	54,80	0,50	1017	8,00	30,60
					3000	22,30	54,50	1,00	3633	13,80	60,20
					5000	32,00	54,00	2,50	4588	19,80	58,30
					6000	45,30	55,00	5,60	4801	20,80	54,70
	M' 3	25+25	26	84,80	0	12,00	55,70	0,10	1227	8,20	27,00
					3000	25,50	58,20	0,40	3398	14,70	51,80
					5000	41,50	56,10	0,70	4450	23,30	58,10
					6000	51,00	56,00	1,10	4820	26,80	70,10
	M4'	75+25	20	86,10	0	40	52,70	0,70	810	8,10	21,20
					3000	22,30	55,20	0,80	2825	10,00	47,00
					5000	35,80	53,20	1,70	3294	18,50	62,00
					7000	51,30	53,40	7,20	4565	22,80	58,30
	M' 5	50+25	20	86,90	0	12,70	50,90	0,40	714	8,10	25,00
					3000	32,50	53,20	0,90	2792	11,8	53,70
					5000	36,80	53,60	2,30	3249	17,00	70,30
					7000	55,40	52,60	2,10	4117	21,50	64,50
	M' 6	25+25	20	86,90	0	12,30	52,70	0,20	831	8,20	22,20
					3000	23,50	54,20	0,30	3088	13,40	43,80
					5000	32,00	55,80	0,70	41,01	21,20	54,00

CUADRO 7 Pulpa a la Soda en Frío y a la Soda Sulfito de *Eucalyptus globulus* Labill

Proceso	Pulpa	Condiciones del proceso		Rendimiento %	Ajuste a 45 °SR					
		Reactivo (g/l)	Tiempo Impregnación (hora)		Blancura (%)	Porosidad (seq/100cm ³)	Longitud de rotura (m)	Alargamiento por tensión (%)	Índice de reventamiento	Índice de rasgado
Soda en Frío NaOH	M1	75	26	83,30	47,90	3,40	4345	1,90	19,40	62,6
	M2	50	26	84,00	49,20	4,80	4492	1,80	19,90	49,80
	M3	25	26	85,70	53,30	0,80	3952	1,80	18,60	54,71
	M4	75	20	82,90	50,30	5,30	4698	2,10	21,30	66,70
	M5'	50	20	82,90	49,80	4,80	4713	2,00	21,70	63,70
	M6	75	20	85,40	53,30	0,80	4070	1,90	19,70	57,20
Soda Sulfito	M1'	75+20	26	84,40	54,50	4,40	5011	2,00	24,30	60,90
	M2'	50+25	26	85,40	53,40	5,50	4796	2,00	20,80	54,80
	M3'	25+25	26	84,80	56,10	0,90	4590	2,20	24,60	62,50
	M4'	75+25	20	86,10	53,30	5,00	4048	2,10	21,00	59,80
NaOH+ Na ₂ SO ₃	M5'	50+25	20	86,90	52,60	1,80	3632	1,60	19,00	67,70
	M6'	25+25	20	86,90	55,70	0,80	4300	2,00	23,00	60,70

La longitud de rotura de esta pulpa es máxima en la M1, Impregnada con 75 + 25 g/l de NaOH y SO₃Na₂ durante 26 horas y en la M₆ impregnada con 25 - 25 g/l de NaOH y SO₃Na₂ durante 20 horas.

El índice de reventamiento es máximo en las pulpas M₃ y M₆ impregnadas con 25 + 25 g/l de NaOH y SO₃Na₂ durante 26 y 20 horas respectivamente.

El índice de rasgado es máximo en la Pulpa M₃' impregnada con 25 + 25 g/l de NaOH y SO₃Na₂ durante 26 horas y en la pulpa M5'; impregnada con 50 - 25 g/l de NaOH y SO₃Na₂ durante 20 horas.

La blancura de las pulpas a la Soda-Sulfito es mayor en las pulpas tratadas con 25 g/l de NaOH donde el sulfito ejerce su influencia como agente blanqueador y es ligeramente mayor con el período de impregnación más largo.

Los valores de rendimiento de ambos tipos de pulpa soda en frío y soda sulfito resultan ser mayores a los obtenidos por Sulluchuco y Pérez (22) y Nuñez (19) debido a que en estas últimas la acción química fue más enérgica, disminuyendo el rendimiento.

Asimismo, los valores de longitud de rotura, índice de reventamiento e índice de rasgado de las pulpas en estudio son más bajos a los de los autores arriba mencionados (22) y (19), debido a la acción menos enérgica del tratamiento químico el cual influye en la resistencia de las mismas. En cuanto a la blancura, las pulpas del presente trabajo presentan porcentajes superiores a los obtenidos dados por Sulluchuco y Pérez (22) y a la vez resultan similares a los presentados por Nuñez (19).

Las pulpas soda en frío y soda-sulfito cumplen con los valores de resistencia dados por Paz, citado por Nuñez (19) para el papel de diario y son: LR 2.7 km, IR 11.1 e ID 47. A su vez los valores de blancura obtenidos en el presente trabajo se encuentran dentro del rango de 55 a 60% que especifica Henry (13) para el papel de diario norteamericano.

5. CONCLUSIONES

A. Pulpa a la soda en frío de *Eucalyptus globulus* Labill

1. El rendimiento de las pulpas obtenidas con 26 horas de impregnación es mayor al de las obtenidas con 20 horas, debido a que con mayor tiempo en contacto con el hidróxido de sodio se insolubilizan fracciones de la madera que son solubles con menor tiempo de impregnación.
2. El comportamiento de las pulpas ante el refinado a 45 °SR es variable y no guarda relación con los valores de índice de cloro de las mismas, exceptuando a MI, M2 y M3 por lo que se deduce que son otros los factores que causan dicho comportamiento.
3. A 45 °SR el mayor valor de longitud de rotura y de índice de reventamiento corresponde a la pulpa obtenida con una impregnación con 50 g/l de hidróxido de sodio con un período de 20 horas.
4. El índice de rasgado más alto es el de la pulpa obtenida con una impregnación con 75 g/l de hidróxido de sodio con un período de impregnación de 20 horas.
5. La blancura es similar para ambos periodos de impregnación y ligeramente mayor con las pulpas impregnadas con 25 g/l de hidróxido de sodio.
6. La pulpa a la soda en frío puede usarse en la fabricación de papel periódico. También puede emplearse en mezcla con pulpas más resistentes para la elaboración de cartón y otros tipos de papel.

B. Pulpa a la Soda-Sulfito de *Eucalyptus globulus* Labill

1. El rendimiento de las pulpas tratadas durante 26 horas de impregnación es menor al de las obtenidas con 20 horas debido a la acción de ablandamiento adicional del sulfito de sodio.
2. El comportamiento de las pulpas ante el refinado a 45°SR es variable y no guarda relación con los valores de índice de cloro de las mismas, por lo que se deduce que son otros los factores que influyen causando dicho comportamiento.
3. A 45°SR el mayor valor de longitud de rotura corresponde a la pulpa impregnada con 75 + 25 g/l de NaOH y SO₃Na₂ con un período de 26 horas.
4. El índice de reventamiento más alto lo presenta la pulpa obtenida con una impregnación con 25 + 25 g/l de NaOH y SO₃Na₂ con período de 26 horas.
5. El mayor índice de rasgado lo presenta la pulpa impregnada con 50 + 25 g/l de NaOH y SO₃Na₂ con un período de 20 horas.
6. La mayor blancura la presente la pulpa impregnada con 25 + 25 g/l de NaOH y SO₃Na₂ con un período de 26 horas.
7. La pulpa a la soda-sulfito puede ser usada en la fabricación de papel periódico. También puede usarse mezclada con pulpas más resistentes para la elaboración de cartón y otros tipos de papel.

BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE, E. 1979. Estudio de comportamiento y zonificación de diferentes especies de *Eucalyptus globulus*. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Lima. 189 P.
2. AHLLEN, A. 1979. The defibrator Systems for Chemimechanical Pulping of Hardwoods for Newsprint. TAPPI/CPPA. Intern. Mech. Pulping Conf. (Toronto):247-255 p.
3. BIRGITTA, V. and NELSON, P.1980. Mechanical properties of chemically treated wood and Chemimechanical pulps. TAPPI Vol. 63. No.3:87-90 p.
4. BUENO, J. 1972. Postes de madera para líneas aéreas de conducción de energía. Departamento de Industrias Forestales. UNA. Lima. 218 p.
5. BUENO, J. y TRUJILLO, C.1980. Pulpa química al sulfato de *Eucalyptus globulus* Labill de Cuzco, Cajamarca y Junín. Revista Forestal del Perú. Lima. Vol. X. 139-157 p.
6. CASEY J. 1980. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. 3rd Edition. Wiley Interscience Publishers. Vol 1. New York.
7. COZZO, D. 1955. Eucalyptus y Eucaliptotecnía. Ateneo.Buenos Aires. 393 p.
8. DE CHOUDENS. D. 19. Evolución de los procedimientos de fabricación de pastas mecánicas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Terrassa. Cátedra de Tecnología Papelera CIPAGRAF.
9. DIRECCION GENERAL DE FORESTACION. 1985. Memoria de la Dirección General de Forestación. Ministerio de Agricultura. INFOR.
10. DRAFT, C. 1976. Eucalyptus for planting. FAO. Roma.398 p.
11. EUR CONTROL. Freeness Handbook. Eur Control Marketing S.A. Lausanne.. 1981. 25 p.
12. FAD. 1975 Pulping and Paper- making properties of fast growing plantations wood species. Rome. 163-172 p.
13. HENRY, R. 1972. Cold Caustic Soda Pulp in Newsprint Manufacture Pulp and Paper Prospects In Asia and the far East. Vol 111. United Nations. FAO.
14. LIBBY, C. 1974. Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel, Continental, México 1-2:1040 P.
15. MAC DONALD, R. Pulp and Paper Manufacture. The pulping of wood. Vol 1 1969.
16. MC GOVERN, J. 1972. Cold Soda Pulp and Newsgrade Paper from Brazilian *Eucalyptus saligna*. Pulp and Paper Prospects In Asia and the far East. Vol III, United Nations, FAO.

17. MELO Y OTROS. 1974. Pulpa Semiquímica a partir de madera. Pulpaje Semiquímico a la Soda Fría. Laboratorio de Productos Forestales. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Escuela de Ingeniería. Universidad de Concepción. Chile.
18. MERTENS, P. 1978. Area Natural de Distribución de *Eucalyptus globulus Labill*. Centro de Investigación y Capacitación Forestal. Nota Técnica 3. CICAFOR.
19. NUÑEZ, M. 1982. Pulpa Química de alto rendimiento y Semiquímica al Sulfito Neutro de Sodio a partir de tres especies de la zona del Valle del Mantaro. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Lima.
20. SMOOK, G. 1968. Semichemical Pulping. Handbook for Pulp and Paper Technologists. 52-54 p.
21. SOUKOUP, J. 1970. Vocabulario de los nombres vulgares de la Flora Peruana. Colegio Salesianos. Lima 380 p.
22. SULLUCHUCO, J. y PEREZ, S. 1981 Pulpa Semiquímica al Sulfato de tres especies de eucalipto de la zona del valle Mantaro. (En preparación).
23. TRUJILLO, C. 1980. Pulpa Química al Sulfato de *Eucalyptus globulus Labill* de Cuzco, Cajamarca y Junín. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Lima.

