

PULPA QUIMICA AL SULFATO DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL EN CUZCO, CAJAMARCA Y JUNIN

Jorge Bueno Zárate ¹
Carlos Trujillo Gironda ²

RESUMEN

Se obtuvo pulpa química al sulfato de *Eucalyptus globulus Labill* de Cuzco, Cajamarca y Junín. El eucalipto de Cuzco es el más fácil de deslignificar y su pulpa tiene, a igual drenabilidad, los mayores valores de longitud de rotura (LR), dobles pliegues (DP) e índice de reventamiento (IR), en tanto que la de Junín tiene el mayor índice de rasgado (IR); este último índice experimenta un incremento neto promedio de 90 por ciento entre los °SR extremos, ocurriendo también los usuales aumentos de LR, DP e IR, siendo particularmente notorio el de DP en la de Cuzco por llegar a 132 750 por ciento.

La comparación de la pulpa de *E. glóbulus*, a drenabilidad constante, con pulpa de cinco coníferas es en términos generales, favorable para las tres procedencias, superando en ID a tres de las coníferas. Comparada, también a drenabilidad constante, con los máximos de pulpa de 53 latifoliadas peruanas, la pulpa de *E. globulus* alcanza un 75 por ciento del de LR, un promedio de 9.7 por ciento del de DP, alrededor de 30 del IR y un 60 por ciento del de ID. Por sus bajos índices de cloro la pulpa de las tres procedencias es de fácil blanqueo.

SUMMARY

It was obtained sulphate chemical pulp from *Eucalyptus glóbulus Labill* from Cuzco, Cajamarca and Junín (Peru). The eucalyptus from Cuzco is easier to delignificate and his pulp has, at constant freeness, the highest values of break Tenant (all), double folding (DP) and burst index (IR). The pulp from Junín has the greatest tear index (ID); this last index shows 90 per cent of net of net average increase between extremes SR, and also occur the usual increase of LR, DP and IR; the increase of DP is particularly motoring in the pulp of Cuzco because reaches 132 750 per cent.

The comparison betwween pulp from *E. glóbulus* and pulp of five conifers, at constant freeness, is in general terms, favorable for the pulp of three origins and overcome in ID to three conifers. Confronting, also at constant freeness, with the maximum in the pulp from 53 Peruvian broadleaves, the pulp of *E. glóbulus* reaches about 75 per cent of the LR, an average of 9.7 per cent of the DP, about 30 per cent of the DP and a 60 per cent of the ID. Because his low chlorine index the pulp from the three origins is easy to bleach.

INTRODUCCION

El Perú posee grandes extensiones de bosques naturales y crecientes áreas de plantaciones forestales; sin embargo la utilización de la madera producida por ellos, especialmente de los primeros, es muy restringida en relación a su potencial situación derivada de una concepción muy limitada, casi generalizada en el Perú, sobre las posibilidades de la industrialización de la madera, concepción a la que no se escapa el eucalipto.

¹ Profesor Principal, Departamento Académico de Industrias Forestales, Universidad Nacional Agraria, La Molina.

² Ing. Forestal

Una de las industrias con gran versatilidad y posibilidades en el país es la de producción de pulpa para papel, debido, entre otros factores, a la actual certidumbre, obtenida en estudios realizados en la Universidad Nacional Agraria, concordantes con los efectuados en otros países sobre maderas de latifoliadas de que la longitud de fibra no puede seguir siendo esgrimida como índice decisivo para juzgar las posibilidades papeleras de materias primas fibrosas.

El *Eucalyptus globulus* Labill viene siendo empleado hace años en la fabricación de pulpa para papel en otros países; teniendo esta especie de rápido crecimiento actualmente cerca de 150,000 hectáreas de plantaciones en el país, amerita el estudio de las características papeleras de su madera, habida cuenta que ellas varían según las condiciones ecológicas en las que se desarrolla por lo que los estudios realizados en otros países, cuya información disponible es por otra parte escasa en el Perú, son sólo referenciales.

El presente trabajo proporciona información sobre las características papeleras de pulpa química al sulfato de *E. globulus* obtenida de muestras de Cuzco, Cajamarca y Junín, departamentos en los que se está produciendo la mayor expansión de plantaciones de esta especie.

REVISION DE LITERATURA

Bueno (9) señala que el *Eucalyptus globulus* Labill, eucalipto, es originario de Tasmania y fue introducido al Perú con fines ornamentales; que actualmente se halla distribuido prácticamente a todo lo largo de la Sierra y de los valles de sus vertientes occidental y oriental, entre los 5^o y 18^o de latitud sur y desde el nivel del mar hasta 4000 metros sobre dicho nivel; la altitud óptima de crecimiento de esta especie en el Perú está entre 2500 y 3500 m.s.n.m., límites en que se hallan la mayor parte de las plantaciones.

Cozzo (13) y Metre (27) indican que el *E. globulus* puede alcanzar 45 a 65 metros de altura; que es de fuste largo y libre de ramas hasta varios metros, sólido, robusto, de copa pequeña en plantaciones, de follaje medianamente denso con grandes hojas colgantes. La corteza es caduca y se desprende anualmente en largas tiras y con la edad va siendo persistente en la base del fuste a una altura que aumenta regularmente hasta que se quiebra y desprende en grandes placas.

Bueno (9) menciona que en algunas localidades del país el *E. globulus* se ha naturalizado y que se han registrado ejemplares de hasta 70 m. de altura; que la densidad básica promedio de su madera es 0.57, siendo de acuerdo a él 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; que se ha iniciado su utilización en parquet y mangos de herramientas. Que en otros países se emplea también para láminas, tableros de partículas, pulpa para papel, cartón y tableros de fibra y pulpa para disolver. Asimismo que sus hojas contienen 1.0 a 1.5 por ciento de eucaliptol, compuesto de los aceites esenciales eudesmol y cineol. ITINTEC (22) ha normalizado los postes de *E. glóbulus* para líneas aéreas de conducción de energía.

Vélez (41) realizó obtención y evaluación de pulpa semiquímica al bisulfito de magnesio de *E. globulus* en diferentes condiciones de digestión. Por su parte Paz y colaboradores (30) obtuvieron y evaluaron pulpa semiquímica al sulfito neutro de sodio también de esta especie, en varias condiciones de digestión.

Petroff (31) (A) y Guhas (20) (B) dan los resultados de pulpa al sulfato de *Eucalyptus robusta* y *E. saligna* que van a continuación:

	<i>E. saligna</i>		<i>E. robusta</i>	
	(A)	(A)	(B)	(B)
Rendimiento (%)	51.3	52.1	41.1	
°SR	40	40	—	—
Longitud de rotura (m)	7,200	6,800	5,020	
Dobles pliegues	140	40	89	
Indica de reventamiento	48	42	40,9	
Indica de rasgado	94	108	100.6	

Lybby (24) y Rodríguez Sánchez (36) señalan que el proceso al sulfato es una modificación del proceso al sulfato que viene usándose desde hace unos 90 años para producción de pulpa más resistentes y que la recuperación de reactivos es posible en un 90 por ciento. FAO (17) indica que el proceso al sulfato es el más tolerante en cuanto a especies de maderas procesadas por él. Kyrklund (23) anota que el proceso al sulfato es el más aplicable para fabricar pulpa de mezclas de maderas tropicales.

Bueno (6) afirma que con el proceso al sulfato puede obtenerse pulpa de cualquier, materia prima celulósica. El mismo autor (2,3) empleó 18 por ciento de hidróxido de sodio 6 por ciento de sulfuro de sodio 160° de temperatura máxima, 90 minutos de elevación de temperatura, 60 minutos a temperatura máxima y una relación líquido/madera seca de 4:1 con 53 maderas peruanas, obteniendo sin dificultad pulpa química con los resultados que se den a continuación siendo los de resistencia mecánica a 45° SR:

Rendimiento	44.0	a	56.0
Longitud de rotura (m)	4.063	a	11.200
Dobles pliegues	6	a	7.175
Índice de reventamiento	18.7	a	82.8
Índice de rasgado	75.0	a	191.9
Blancura (%)	13.9	a	30.0
Alfa celulosa (%)	75.8	a	94.4
Lignina residual (o/o)	1.2	a	20.8
Índice de Cloro	1.7	a	21.8
Índice kappa	11.6	a	117.9

Indica dicho autor (2,3) que el rendimiento de las pulpas obtenidas no guarda relación con la lignina residual determinada en ellas.

También el mismo autor (5) da a título comparativo las propiedades de pulpa al sulfato de cinco coníferas usualmente empleadas en fabricación de papel. Sus valores extremos a 45° SR son los siguientes:

Rendimiento (%)	42.2	a	62.7
Longitud de roturas (m)	6.330	a	9.490
Dobles pliegues	532	a	2.513
Índice de reventamiento	46	a	64
Índice de rasgado	68	a	147

Respecto al largo de fibras y su relación con la resistencia de la pulpa Bueno (2,3) informa que los primeros lugares de resistencia de la pulpa obtenida de 53 especies de maderas peruanas no corresponden a las de mayor largo de fibras entre ellas. El mismo autor (5) expresa sus reservas sobre el empleo de los índices y factores que derivan de las dimensiones de fibras como indicativos determinantes debido a discrepancias significativas halladas.

Costa Coll (12) afirma que la longitud de las fibras no es ninguna garantía para la solidez del papel, que hay casos en que las fibras cortas, especialmente cuando son finas, producen papeles más sólidos que las largas. Que en general un papel será tanto más resistente cuanto más fino es el picado y mayor el engrase de la pasta y que es un error muy extendido creer que todos los papales han de ser tanto más sólidos cuantas más largas sean las fibras. Romatier (37) encontró la máxima resistencia a la tensión con pulpa compuesta únicamente por elementos finos.

Casey (10) indica que hay cuatro tipos de fuerzas que pueden concebirse que estén involucradas en la unión de las fibras en el papel: químicas de valencia primaria, atracción polar, puentes hidrógeno y entrelazamiento de fibras. Que entre ellas, las uniones hidrógeno son la fuente principal de unión interfibrilar.

Bueno (7) expone que durante muchos años se ha atribuido únicamente el entrelazamiento y filtrado de las fibras la resistencia mecánica del papel y que actualmente se admite que la cohesión del papel se debería básicamente a atracciones de naturaleza electroquímica a nivel molecular de los elementos fibrosos.

Chene (14) indica que se admite que con la eliminación de una gran parte del agua, y luego de la formación de la hoja, se establecerían uniones polares entre las fibras, es decir por atracción electrostática y puentes hidrógeno entre los oxidrilos superficiales liberados, siendo estos últimos los de mayor energía. Martín (25), dice que la cohesión del papel se debe a puentes hidrógeno entre oxidrilos, pertenecientes a fibras en contacto, suficientemente cercanos para que ellos se produzcan.

Velez (41)(E) y Paz (30) (F) dan los siguientes resultados promedio de dimensiones de fibras de E. globulus:

Largo promedio de fibras (mm)	0.95	0.99
Ancho promedio de fibras (u)	19	15
Espesor promedio de la pared (u)	6	5.9

Rydholm (26) da las dimensiones promedio de fibras de 21 coníferas usadas en fabricación de pulpa, recopiladas de varios autores:

Largo promedio de fibras (mm)	3	a	7
Ancho promedio de fibras (u)	27	a	44
Espesor promedio de la pared (u)	2	a	7

Bueno (2,3) halló las siguientes dimensiones promedio de las fibras de 53 especies de madera en el Perú:

Largo promedio de fibras (u)	1.000	±	15	a	2.200	±	143
Ancho promedio de fibras (u)	17.5	±	0.2	a	41.0	±	1.1
Espesor promedio de la pared (u)	2.7	±	0.7	a	8.5	±	0.4

Silvy y otros (39) sostienen que la mayor parte de las propiedades del papel se adquieren en el curso del refinado. Rodríguez Jiménez (33) afirma que el refinado es la operación que fundamentalmente da a las pulpas las características deseadas.

Bueno (7) asevera que una de las operaciones más importantes en la fabricación de papel es el refinado, el que da lugar a modificaciones morfológicas y físico-químicas de las fibras, las que adquieren mayores posibilidades de unión entre sí al exponer más superficies al íntimo contacto con el medio acuoso, que siendo fuertemente polar hace que los oxidrilos de las cadenas celulósicas se

orienten, creando condiciones adecuadas para la producción de uniones hidrógeno en el curso de la formación de la hoja, las que serán la base de la cohesión del papel. Que por efecto del refinado las fibras experimentan cambios morfológicos como demolición de la pared primaria, deformación, aplastamiento, fibrilación y acortamiento, acompañados de cambios físico-químicos como hinchamiento o hidratación, aumento de superficie de contacto y flexibilidad, así como variación de sus propiedades mecánicas.

Chene (14) afirma que las hemicelulosas son hidratos de carbono existentes en los vegetales que se distinguen de la celulosa por una mayor velocidad de hidrólisis con ácidos diluidos y por la naturaleza de los productos obtenidos: hexosas distintas a la glucosa, pentosas y ácidos urónicos. Que las hemicelulosas son muy hidrófilas y que en general las pulpas ricas en ellas, sobre todo si no están ligadas a la celulosa y a la lignina, se refinan rápidamente.

Rodríguez Jiménez (33) sostiene que el refinado aumenta la resistencia a la tensión, el reventamiento y el doblaje plegado pero disminuye el rasgado, la capacidad, el espesor y la estabilidad dimensional del papel; que tiende a aumentar la suavidad y la superficie específica interna de las fibras. Que el tipo de pulpa ejerce una importante influencia sobre el comportamiento al refinado; que hay diferencias entre pulpas sin blanquear y blanqueadas de una misma clase; que las pulpas de madera difieren enormemente incluso las obtenidas por el mismo proceso y que las de latifoliadas, como regla general, se refinan más fácilmente que las de coníferas. Que las hemicelulosas facilitan el refinado y que las que tienen mayor proporción de ellas se refinan muy rápidamente y producen un papel muy resistente. Que en pulpas al sulfato la facilidad de refinado es inversamente proporcional al contenido de lignina y que en pulpas al sulfito sin blanquear esta correlación no es muy clara, pero en blanqueada si lo es.

El mismo autor (33) sostiene que un índice de cobre mayor a 1 es motivo de preocupación pues indica ya una degradación, significativa de la celulosa.

Spencer y otros (40) indican que con el refinado disminuyen la drenabilidad, la opacidad, el volumen másico y que aumentan la resistencia a la tensión, el alargamiento por tensión, resistencia al reventamiento y plegado de la pulpa de todas las especies de madera; pero que la resistencia al rasgado disminuye en pulpa de coníferas y que en pulpa al sulfato de latifoliadas aumenta hasta un máximo luego del cual, disminuye. Continúan diciendo que es obvio que las hemicelulosas juegan un importante rol en el refinado pero que probablemente su rol preciso nunca será determinado, puesto que la proporción es sólo un factor y que la distribución y accesibilidad son también muy importantes. Que en general las pulpas con mayor cantidad de hemicelulosas se refinan más rápido que las que tienen menor cantidad. Afirman que se piensa que los principales efectos de la acción mecánica en el refinado son: hinchamiento de las fibras, aumento de su flexibilidad, fractura y remoción de la pared de las fibras, rompimiento de uniones internas en las fibras o fibrilación interna, acortamiento de las fibras tanto por corte filo o embotado, formación de finos, incremento de área superficial, formación de fibrillas extendidas como rebarba de la pared de la fibra.

Bueno (2,3) al refinar a dos ⁰RS pulpa química y semi-química al sulfato y al sulfito de 53 especies de maderas latifoliadas del Perú encontró evolución positiva de la resistencia a la tensión, alargamiento por tensión, resistencia al reventamiento y al plegado y que el comportamiento de la resistencia al rasgado es variado pues unas especies experimentaron aumento y otras disminución e incluso algunas de ellas experimentaron aumento en pulpa al sulfato y disminución en pulpa al sulfito y viceversa.

Spencer y otros (40) indican que para estudiar el efecto de la acción mecánica del refinado sobre las fibras se aplican técnicas basadas en microscopía, drenabilidad, hinchamiento, volumen específico, superficie específica y clasificación de fibras.

Silvy y otros (39) sostienen que en el refinado deben controlarse dos grupos de propiedades principales que evolucionan durante él: las propiedades de la pulpa al estado húmedo, de las que depende su comportamiento sobre la máquina papelera, y las propiedades del papel luego del secado normal de la hoja. Que un solo y mismo índice parece a priori, insuficiente para caracterizar de manera precisa la evolución de dichas propiedades si hay interés en cada una de ellas separadamente. Que los factores que intervienen son múltiples y deben considerarse simultáneamente. Continúan diciendo que la drenabilidad de la pulpa húmeda refleja en gran parte la acción conjugada de todos esos parámetros y que es con ese título que el grado Shopper Riegler, el Canadian y el Willian Freeness se han impuesto desde hace mucho tiempo en la práctica industrial para el control del refinado.

Costa Coll (12) afirma que el control del grado de refinado puede hacerse científicamente con el aparato Shopper Riegler universalmente adoptado. Rodríguez Jiménez (33) sostiene que el control de refinado se hace fundamentalmente por los métodos Shopper Riegler y Canadian Standard Freeness.

Casey (10) indica que el medidor de drenabilidad de la pulpa es un instrumento comúnmente usado por los tecnólogos papeletas para determinar el grado de refinado; que hay varios para medir la drenabilidad de la pulpa, entre ellos el Canadian Standard Freeness y el Shopper Riegler.

Grant (18) asevera que la medición de la drenabilidad es la base de los más valiosos métodos de control de la operación de refinado. Que existen dos clases principales dentro de los cuales caen todos los métodos de cualquier valor real: medición de la drenabilidad y el tiempo de drenado. Que en la primera clase se encuentra el Shopper Riegler y el aparato canadiense de drenabilidad.

Por su parte Navarro (29) sostiene que para obtener una estimación confiable de las propiedades físicas de hojas hechas en laboratorio todos los datos deben compararse a tiempo constante de refinado antes que a drenabilidad constante.

Bueno (2,3) realizó el refinado de pulpa química y semi-química al sulfato y al sulfito a dos ⁰SR y efectuó un ajuste a 45 ⁰SR para realizar la comparación de sus propiedades físicas.

Daswell (16), Libby (24) y Rodríguez Sánchez (35) afirman que los extractivos de la madera dependiendo de sus cantidades y composición pueden causar la inhibición de la deslignificación disminuir el rendimiento, incrementar el consumo de reactivos, corroer los digestores, afectar el color y la blanqueabilidad de la pulpa y producir adherencia en las máquinas paperas.

El primero de los autores (16) indica que un contenido de sílice mayor a 0.5 por ciento produce un excesivo desgaste de los elementos cortantes.

Bueno (2,3) sostiene que las maderas con altos contenidos de celulosa y hemicelulosas y bajos de lignina, extractivos, cenizas y sílice, son mejores para obtención de pulpa que aquellas de composición inversa. Que las maderas con alto contenido de cenizas y/o sílice, especialmente esta última, dan lugar a un mayor desgaste de los elementos de corte en talado, trozado, astillado así como en el desfibrado. Que los extractivos disminuyen el rendimiento, así como dependiendo de su naturaleza, aumentan el consumo de efectivos y afecta el color de la pulpa. Que para pulpa deben

seleccionarse, a igualdad de otras condiciones, especies de madera con alto contenido de celulosas y bajo de lignina, extractivos, cenizas y sílice

Rico Avello (32) (C) y Paz (30) (D) dan la siguiente composición química de la madera de *E. globulus*:

	Porcentajes	
	(C)	(D)
Celulosas	56.0	49.0
Hemicelulosa	---	26.0
Pentosanos	19.0	---
Lignina	21.0	22.0
Holocelulosa	81.0	---
Extractivos AB	2.0	1 2.5
Cenizas	0.4	0.5

Bueno (2,3) encontró la siguiente composición química de la madera de 53 especies forestales del Perú:

Celulosa	44.22	a	56.43
Pentosanos	9.40	a	18.18
Lignina	20.36	a	36.65
Extractivos AB	1.00	a	7.54
Cenizas	0.25	a	2.83
Sílice	0.02	a	1.94

Rydholm (38) en recopilación de varios autores, da la composición química de 16 especies de coníferas usadas en fabricación de papel:

	Porcentajes		
	Celulosa	44	a
Hemicelulosa	30	a	25
Pentosanos	10.1	a	5.1
Lignina	33	a	27
Extractivos AB	8.3	a	1.4
Cenizas	0.5	a	0.2

Según FAO (17), la densidad básica promedio de la madera de coníferas usadas en fabricación de pulpa varía entre 0.31 y 0.56 y la de latifoliadas entre 0.32 y 0.90, aunque entre estas últimas no está el cético. Bueno (8) halló la densidad básica (volumen húmedo/peso seco) promedio de la madera de 53 latifoliadas peruanas, con las que realizó un estudio de obtención de pulpa (2,3) entre 0.28 y 0.83, no encontrando dificultad en la obtención de pulpa química y semi-química al sulfato y al sulfito bisódico La densidad anhidra (volumen seco/peso seco) promedio de dichas maneras es de 0.30 a 0.92 (8).

Vélez (41) da una densidad básica promedio de 0.54 para madera de *E. globulus*, Paz (30) de 0.56, FAO (17) de 0.60 y Bueno (9) de 0.57 con un mínimo de 0.47 y un máximo de 0.72.

Herrera de la Sota (21) en un estudio de utilización integral de *E. globulus* da la siguiente composición promedio de los árboles de esta especie:

Arbol= 100% Madera + corteza = 100 %

Madera (%)	77.9	85.7
Corteza (%)	13.0	14.3
Leña (%)	8.0	8.8
Hojas (%)	1.1	1.2

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.

Muestras de Madera

Las muestras de madera de *Eucalyptus glóbulus* Labill fueron colectadas de Cuzco, Cajamarca y Junín. Cada muestra estuvo integrada por quince trozas tomadas de cinco árboles; una de la parte baja, otra de la media y la tercera de la parte alta de cada árbol.

Obtención de Pulpas

La madera fue astillada siguiendo el procedimiento del Laboratorio de Pulpa y Papel (3). Se obtuvo pulpa química al sulfato de cada una de las tres muestras en un digestor rotatorio de 15 litros con cuatro obuses de 1 litro. Las condiciones fueron las mismas que las aplicadas por Bueno (2,3) para la obtención de pulpa química al sulfato de 53 maderas peruanas.

Reactivo	Na OH + SNa ₂
Alcali activo (%)	24
Sulfidez (%)	25
Líquido / madera	4 : 1
Temperatura máxima (T) (°C)	160
Elevación de temperatura (min)	90
Periodo a T (min)	60
Cantidad de madera seca (g)	300

Concluida la digestión, las pulpas fueron separadas del licor negro, lavadas con agua desionizada sobre malla 150, homogenizadas y pesadas; sobre una muestra se determinó la humedad en estufa a 105° C ± 2° C hasta peso constante y con este resultado el rendimiento.

Evaluación de Pulpas

El refinado se realizó según SCAN 24:67 en refinador PFI a 2.000, 4.000, 6.000 y 8.000 vueltas y el control del refinado por drenabilidad en °SR conforme a SCAN M3: 65.

La evaluación de las propiedades físicas de las pulpas se hizo a cinco °SR uno de pulpa sin refinar y otros cuatro correspondientes a los obtenidos luego del refinado a los cuatro números de vueltas en PFI antes indicados.

Las hojas de ensayo se obtuvieron según TAPPI 205 os-71, salvo en lo referente al prensado; en lugar de la prensa especificada se usó una hidráulica según SCAN-C 26:67. El acondicionamiento de las hojas (a 20 °C, 2 °C y 65 % HR 2 % HR); la determinación de la porosidad, resistencia al plegado y blancura, según ITINTEC 272.010, 272.018, 272.027 y 272.033 respectivamente. La humedad, gramaje, espesor resistencia a la tensión, alargamiento por tensión, resistencia al reventamiento y el rasgado según TAPPI 220 os-71.

Sobre las pulpas de las tres procedencias se determinó el índice kappa según ISO R-302, el índice de cloro de acuerdo a SCAN - C 29.27, el índice de cobre según TAPPI 215 os-61, la lignina residual conforme al método de Jayme y Schemp (3), la alfa celulosa según TAPPI 203 os-70, cenizas conforme a 150 R-172, extractivos AB según TAPPI T6 os-59, holocelulosa por diferencia a 100 de la suma de lignina residual, extractivos AB y cenizas. También se determinó el porcentaje de deslignificación (PD) según:

$$PD = \frac{L_m - L_p}{L_m} \cdot 100$$

Donde:

L_m = % de lignina en la madera

L_p = % de lignina en la pulpa

Análisis Químico de las Muestras de Madera

Para el análisis químico de las tres muestras de madera se usó la fracción 40/60 conforme a TAPPI 11 m -59. Los extractivos AB se determinaron según TAPPI T6 os-59, las cenizas conforme a ISO R-1762, la lignina siguiendo AFNOR Pr. T12-014, la celulosa por el método Kurscher y Hoffner (3), los pentosanos por el método Bromuro Bromato Generalizado (3), la sílice por el método con Acido Clorhídrico (3).

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de rendimiento, porcentajes de deslignificación lignina residual, índices de cloro y kappa, refinado y propiedades físicas a cinco SR de la pulpa al sulfato de *E. globulus* obtenida de las muestras de Cuzco, Cajamarca y Junín.

En el Cuadro 2 se encuentran los resultados de las determinaciones químicas efectuadas sobre las pulpas al sulfato de las muestras de las tres procedencias y en el Cuadro 3 el análisis químico de la madera de ellas.

DISCUSION

El rendimiento de la pulpa química al sulfato de las muestras de madera de *E. globulus* de Cuzco, Cajamarca y Junín, obtenidas en las condiciones del presente trabajo, está entre 51.0 y 53.3 por ciento (Cuadro 1). El rendimiento usual para esta clase de pulpa, química al sulfato, es de 45 a 50 por ciento, por lo que los resultados son favorables y están dentro del rango de las obtenidas por Bueno (2,3) por el mismo proceso y condiciones iguales con muestras de madera de 53 especies peruanas.

En principio, tratándose de pulpas obtenidas de una misma especie de madera por el mismo proceso y en idénticas condiciones a mayor porcentaje de deslignificación (PD) y por lo tanto menor porcentaje de lignina residual en la pulpa, corresponde a un menor rendimiento, pero en el caso del presente estudio se observa, cuadros 1 y 2 que la pulpa obtenida con muestra de *E. globulus* del Cuzco tiene el más alto PD (98.11 %) y el mayor rendimiento (53.3 %) en relación a las obtenidas de las de Junín y Cajamarca cuyos PD son 97.84 y 94.89 % y sus rendimientos 53.0 y 51.0 % respectivamente.

Este resultado no es explicable en función de la composición química de las tres muestras de madera, Cuadro 3, pues la del Cuzco tiene el más bajo porcentaje de celulosa y el más alto de lignina, siendo

el de pentosanos intermedio, así como el de extractivos AB y cenizas, pero si lo es considerando la facilidad de deslignificación expresada como PD; la muestra del Cuzco es la más fácil de deslignificar, seguida por la de Junín y luego la de Cajamarca y esta facilidad de deslignificación está aparejada a un mayor rendimiento por cuanto los porcentajes de la celulosa y de holocelulosa son más altos en las pulpas de mayor rendimiento (Cuadro 2), significando que estos componentes han sido menos afectados en ellas por el proceso de deslignificación que en la obtenida de la muestra de Cajamarca

Los índices de cobre encontrados en las pulpas de las tres procedencias (Cuadro 2) indican que se produjo poca degradación y por lo tanto escasa presencia de grupos reductores en la celulosa y otros compuestos presentes. El menor índice de cobre corresponde a la pulpa de Junín (0.64), seguida por la M Cuzco (0.78) y el más alto a la de Cajamarca (0.90); todos ellos están por debajo de 1 que según Rodríguez Jiménez (33) debe ser ya motivo de preocupación.

CUADRO 1. PULPA AL SULFATO DE EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL

CUSCO		0	17	38,2	400,70	1,7	2	17,00	56	0,6
		2000	27	36,0	7101	3,3	49	40,80	112	2,6
		4000	39	31,9	8709	4,1	501	58,00	116	294,0
		6000	57	31,5	9186	4,5	1481	60,20	115	112,7
		8000	71	30,7	9183	4,9	2657	66,40	110	384,7
CAJAMARCA		0	17	38,0	4064	1,6	2	17,50	59	0,6
		2000	29	37,8	5704	2,6	22	32,30	100	2,0
		4000	34	36,7	7259	3,7	113	44,90	126	7,3
		6000	53	35,8	8841	4,1	586	56,10	112	29,2
		8000	65	35,0	8928	4,1	895	60,40	116	126,2
JUNIN		0	16	41,6	3914	1,4	3	16,70	61	0,6
		2000	26	36,5	7070	3,0	46	41,10	104	3,6
		4000	38	35,2	8274	3,7	224	53,20	123	17,3
		6000	52	35,0	9060	4,6	868	59,80	116	64,7
		8000	68	33,9	9100	4,5	2824	63,90	110	285,1

El refinado a tiempos constantes permite determinar la facilidad de refinado, es decir alcanzar un mayor o menor grado de refinado, controlado por un índice de drenabilidad en tiempos determinados iguales, sea de pulpas de una misma especie obtenidas por distintos procesos, o por el mismo proceso y condiciones diferentes, sea de pulpas de diferentes especies por el mismo proceso y condiciones o de pulpas de una misma especie por el mismo proceso y condiciones con muestras de distintas procedencias como en el caso del presente estudio en el que la pulpa de *E. globulus* de muestras de Cuzco, Cajamarca y Junín fueron refinadas a. 2.000, 4.000, 6.000 y 8.000 vueltas en PFI, equivalentes a 1.37, 2.74, 4.10 y 5.4 minutos respectivamente.

La pulpa obtenida de la muestra del Cuzco es la de más fácil refinado, seguida por la de Junín y la de Cajamarca (Cuadro 1), resultado fundamentalmente relacionado con el contenido de lignina residual en las pulpas (Cuadro 2); a menor contenido de lignina residual mayor facilidad de refinado. Sin embargo, no debe perderse de vista lo afirmado por Chene (14), Rodríguez Jiménez (33) y Spencer (40), sobre el importante rol de las hemicelulosas en el refinado, importancia que no depende sólo de su proporción sino también de su accesibilidad y distribución. A lo sostenido por dichos autores debe agregarse que también es importante la composición de las hemicelulosas presentes en la pulpa así como la presencia de pectinas que igualmente favorecen el refinado.

CUADRO 2. DETERMINACIONES QUIMICAS EN PULPA AL SULFATO DE *EUCALYPTUS GLOBULUS*

Determinación	Procedencia de Muestras de Madera		
	Cusco	Cajamarca	Junín
Índice de cloro	1.28	1.53	1.38
Índice Kappa	10.10	11.42	10.90
Lignina residual (%)	0.48	1.48	0.66
Deslignificación (%)	98.11	94.89	97.84
Alfa celulosa (%)	92.45	90.29	92.04
Extractivos AB (%)	0.42	0.60	0.38
Cenizas (%)	0.42	0.67	0.44
Holocelulosa (%)	98.68	97.25	98.52
Índice de cobre	0.73	0.90	0.64

CUADRO 3. COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA DE *EUCALYPTUS*

Procedencia de Muestras de Madera	Extractivos AB (%)	Celulosa (%)	Lignina (%)	Pentosanos (%)	Cenizas (%)	Silice (%)
Cajamarca	2.90	48.89	28.95	19.55	0.57	0.03
Junín	2.23	49.85	30.59	17.28	0.40	0.03
Promedio	2.65	48.96	30.10	18.51	0.46	0.037

El refinado a tiempos constantes, aún en el caso de pulpas obtenidas de la misma especie de madera por el mismo proceso e idénticas condiciones, como en el presente caso, da lugar a diferentes drenabilidades, 0SR en el Cuadro 1, propiedad que de acuerdo con Casey (10), Costa Coll (12), Grant (18), Silvy (39), Spencer (40), así como muchos otros autores, refleja en gran parte la acción conjugada de los múltiples parámetros que intervienen simultáneamente en el refinado y que por tanto tiene valor científico y práctico real, y que es con ese título que la drenabilidad se ha impuesto desde hace muchos años en la práctica industrial. Ningún autor menciona que el tiempo sea una forma de control de refinado en la práctica industrial; tampoco los autores del presente artículo tienen conocimiento de alguna fábrica en la que el control de refinado se haga por tiempo y no por drenabilidad.

Lo sostenido por Navarro (29), que una estimación confiable de las propiedades físicas de hojas hechas en laboratorio debe hacerse a tiempo constante de refinado antes que a drenabilidad constante, no tiene en cuenta los fenómenos que ocurren en el refinado ni la influencia y efecto de los múltiples factores que actúan simultáneamente, además de ser ajeno a la práctica industrial sustentada en fundamentos científicos y tecnológicos reales. El evaluar a tiempos constantes de refinado facilita el trabajo, pero los resultados sino permiten referencia a drenabilidad constante, no son de aplicación práctica, salvo en lo referente al conocimiento de facilidad de refinado.

Además debe tenerse presente que la pulpa de coníferas, por el bajo contenido de pentosanos de sus maderas, Rhydholm (38), se refina más difícilmente que la de latifoliadas, es decir requiere mayor tiempo de refinado para desarrollar resistencia equivalente, Rodríguez Jiménez (33), por tanto al no considerar la drenabilidad como referencia comparativa se incurre en apreciación optimista en pulpa de latifoliadas en lo referente a la resistencia a la tensión, dobles pliegues e índice de reventamiento y pesimista, en la mayor parte de los casos, respecto al índice de rasgado, al compararla con pulpa de coníferas.

La evolución de la longitud de rotura (LR), dobles pliegues (DP) y del índice de reventamiento (IR) de la pulpa química al sulfato de *E. glóbulus* de Cuzco, Cajamarca y Junín, se encuentra en sus valores extremos en el Cuadro 4, en el que se indica en cada caso la variación porcentual entre pulpa sin refinar y refinada a 8.000 vueltas en PFI, es decir entre los valores extremos de drenabilidad, en SR obtenidos para cada pulpa.

La LR en los tres casos se incrementa en más del 100 por ciento, siendo la mayor ganancia para la de Junín (133 %) seguida de la de Cuzco (129 %) y la de Cajamarca (119 %). Los DP experimentan un aumento muy grande: 132.750 por ciento para la de Cuzco, 94.033 por ciento en la de Junín y 44.650 por ciento en la de Cajamarca. El IR asimismo aumenta notablemente con el refinado, siendo el incremento de 291 por ciento para la de Cuzco, 283 por ciento para la de Junín y 245 por ciento para la de Cajamarca.

El índice de rasgado (ID) experimenta aumento primero y luego disminución, en el Cuadro 5 se encuentra la magnitud de dichas variaciones. El incremento, experimentado en las tres pulpas hasta 4,000 revoluciones en PFI, supera al 100 por ciento, en tanto que la reducción, experimenta entre 4.000 y 8.000 revoluciones es comparativamente pequeña por lo que la ganancia neta de IR es de 96 por ciento en la de Cuzco, 97 por ciento en la de Caja y 80 por ciento en la de Junín.

CUADRO 4.- Evolución de la Longitud de Rotura (LR), Dobles Pliegues (DP) e Índice de Reventamiento (IR) de Pulpa al Sulfato de *Eucalyptus globulus* Labill en función del Refinado.

Refinado LR, DP, IR	Procedencias de Muestras de Madera		
	Cusco	Cajamarca	Junín
Refinado			
Vueltas en PFI	0 a 8.000	0 a 8.000	0 a 8.000
Tiempo (min)	0 a 5.48	0 a 5.48	0 a 5.48
Variación °SR	17 a 71	17 a 65	16 a 68
Evolución de:			
LR (m)	4.000 a 9.183	4.064 a 8.928	3.914 a 9.100
(%)	129	119	133
DP (NO)	2 a 2.657	2 a 895	3 a 2824
(%)	132.75	44.65	94033
IR Indice	17.0 a 66.4	17.5 a 60.4	16.7 a 63.9
(%)	291	245	283

CUADRO 5.- Evolución del Índice de Rasgado (ID) en Pulpa al Sulfato de *Eucalyptus globulus* Labill en función del Refinado.

Refinado Índice de Rasgado	Procedencias de Muestras de Madera		
	Cusco	Cajamarca	Junín
Incremento			
Vueltas en PFI	0 a 4.000	0 a 4.000	0 a 4.000
Tiempo (min)	0 a 2.74	0 a 2.74	0 a 2.74
Variación °SR	17 a 39	17 a 34	16 a 38
Índice	56 a 116	59 a 126	61 a 123
(%)	107	113	102
Reducción			
Vueltas en PFI	4.000 a 8.000	4.000 a 8.000	4.000 a 8.000
Tiempo (min)	2.74 a 5.48	2.74 a 5.48	2.74 a 5.48
Variación °SR	39 a 71	34 a 65	38 a 68
Índice	116 a 110	126 a 116	123 a 110
(%)	-5	-8	-11

Puesto que la drenabilidad refleja científica y prácticamente la evolución de las propiedades de las pulpas en función M refinado, se ha realizado, Cuadro 6, un ajuste a 45 °SR para comparar la resistencia de la pulpa de *E. globulus* de Cuzco, Cajamarca y Junín, así como para también compararla con los valores de resistencia de cinco coníferas que como referencia da Bueno (5) y que se encuentra en el Cuadro 7.

Se observa en el Cuadro 6, que la pulpa de *E. globulus* del Cuzco supera a las de Cajamarca y Junín en LR, DP e IR, en tanto que la de Junín supera a la de Cuzco y Cajamarca en IR. Comparando el Cuadro 6 con el 7, se nota que la LR de *E. glóbulus* de Cuzco y Junín supera a la de cuatro de las cinco coníferas de comparación y la de Cajamarca a tres de ellas. Los DP de la pulpa de Cuzco supera a los tres de las coníferas, las de Junín a una y las de Cajamarca a ninguna. El IR de Cuzco es mayor o igual al de tres coníferas y el de Junín y Cajamarca supera al de una de las cinco coníferas.

El índice de rasgado, IR, de la pulpa de *E. globulus* de Cuzco, Cajamarca y Junín supera al de las 5 coníferas de comparación M Cuadro 7, resultado que desvirtúa una vez más la afirmación bastante difundida en ciertos medios, que sólo las coníferas dan pulpas con alta resistencia al rasgado. Ya en 1970, Bueno (5) demostró la existencia de maderas de latifoliadas peruanas con ID superior al de coníferas; el mismo autor (2,3) al estudiar posteriormente 53 maderas de latifoliadas del Perú encontró que la pulpa química al sulfato de 44 de ellas tienen IR superior a 103 a 45 °SR llegando la de huarimi caspi (*Sterculia* sp.) a 192.

Por otra parte, frente a la significativa disminución del IR en pulpa de coníferas con el refinado, 49 por ciento según Silvy (39) en pulpa al sulfato de pino entre 17 y -66 °SR y 37 por ciento según Bueno (7) en igual pulpa de *Pinus marítima* entre 12 y 69 °SR la mayor parte de las pulpas de latifoliadas experimenta importantes aumentos de IR, tal es el caso de *E. globulus* que duplica su IR entre los °SR a que se refinan sus pulpas, no obstante el ligero descenso experimentado luego de determinado °SR (Cuadro 5).

Comparando los valores de resistencia de la pulpa de *E. globulus*, Cuadro 6, con los valores obtenidos por Bueno (2,3) a 45 °SR en pulpa química al sulfato de 53 maderas de latifoliadas peruanas, la pulpa de eucalipto tiene una LR M orden de 75 por ciento del valor máximo entre las 53 latifoliadas; sus DP equivalen a 12 por ciento para la de Cuzco, 8 por ciento para la de Junín y 5 por

ciento para la de Cajamarca también en relación al máximo entre la pulpa de las 53 especies; el IR es del orden del 30 por ciento del máximo y el ID del 60 por ciento.

Los bajos índices de cloro y kappa de la pulpa de las tres muestras, significan que no tendrá dificultades en el blanqueo y que la demanda de blanqueador para esta operación será moderada.

La composición química de las tres muestras de madera de *E. globulus* es similar, Cuadro 3, así los extractivos AB presentan su máximo en la de Cajamarca con 2.90 % y el mínimo en la de Junín con 2.23 %; son algo más altos que los dados por Paz (30), 2.0 % y están alrededor del porcentaje 2.5, que informa Rico-Avello (32) para la misma especie; se encuentran hacia el límite inferior del rango dado por Rydholm (38) para 16 coníferas, 1.4 a 8.3 por ciento, y del proporcionado por Bueno (2,3) para 53 maderas peruanas.

**CUADRO 6. PULPA QUIMICA AL SULFATO DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL.
VALORES DE RESISTENCIA AJUSTADOS A 45 °SR**

Procedencia Muestras	Rendimiento (%)	Longitud de Rotura (m)	Dobles Pliegues	Indice de Reventamiento	Indice de Rasgado
Cusco	53,3	8. 868	828	59	116
Cajamarca	51,0	8. 175	387	51	118
Junín	53,0	8. 667	546	57	120
Promedio	52,4	8. 570	587	55,6	118

**CUADRO 7. PULPA AL SULFATO DE SEIS CONIFERAS.
VALORES DE RESISTENCIA A 45 OSR (*)**

Especie	Rendimiento (%)	Longitud de Rotura (m)	Dobles Pliegues	Indice de Reventamiento	Indice de Rasgado
<i>Pinus caribaea</i>	47	8.500	2.513	64	103
<i>Pinus silvestris</i>	58	9.490	844	59	89
<i>Picea excelsa</i>	59	8.557	581	62	68
<i>Pseudotsuga douglasii</i>	57	7.785	630	58	81
<i>Pinus patula</i>	54	6.330	532	46	84

(*) Fuente: Bueno, J. (5)

La muestra de Junín tiene el más alto porcentaje de celulosa, 49.85 y la de Cuzco el más bajo, 48.14; estos porcentajes son más bajos que el dado por Paz (30), 56.0, y son similares al determinado por Rico-Avello (32) que es 49.0 y en relación a las 16 coníferas de Rydholm (38) son más altos pues en ellas varía de 41 a 44 %; se encuentran hacia el límite inferior del rango de las 53 maderas peruanas estudiadas por Bueno (2,3) cuyos porcentajes oscilan entre 44.2 y 56.4.

El porcentaje de lignina más alto es el de la muestra de Junín, 30.59, y el más bajo, 28.95, el de Cajamarca; son superiores a los indicados por Paz (30) y Rico-Avello (32) que son 21.0 y 22.0 respectivamente; se encuentran en la parte media del rango dado por Rydholm (38) para 16 coníferas, el cual es de 27 a 33 %; también en el determinado por Bueno (2,3) en 53 maderas de accionadas del Perú, 20.4 a 36.7 %.

Los pentosanos se encuentran en mayor porcentaje, 19.55, en la muestra de Cajamarca y en menor, 17.28 en la de Junín, oscilando alrededor del determinado por Paz (30) que es de 19.0. Son mucho mayores que los de 16 coníferas, 5.1 a 10.2 por ciento, cuyos datos da Rydholm (38) y son comparables al límite superior del rango, 9.4 a 18.2, que da Bueno (2,3) para 53 maderas peruanas.

El contenido de cenizas más alto es el de la muestra de Cajamarca, 0.57 %, y el más bajo, 0.42 %, el de Junín; estos contenidos son similares a los dados por Paz (30) y Rico-Avello (32) que son 0.4 y 0.5 respectivamente. Los porcentajes de cenizas de 16 coníferas consignados por Rydholm (38) varían entre 0.2 y 0.5, y los de 53 maderas peruanas, Bueno (2,3), entre 0.25 a 2.83.

La sílice se encuentra en 0.05 %, en la muestra de Cuzco y 0.03 en las de Cajamarca y Junio, porcentajes tan pequeños que permiten en la práctica considerarlas libres de sílice. Bueno (2,3) determinó 0.02 a 2.33 por ciento de sílice en 53 maderas latifoliadas del Perú.

CONCLUSIONES

1. La madera de *Eucalyptus globulus* Labill de Cuzco es más fácil de deslignificar, en las condiciones del presente estudio, que la de Junio y de Cajamarca.

2. La pulpa química al sulfato de *E. glóbulus* de Cuzco se refina más fácilmente y la de Cajamarca más difícilmente.

3. Por efecto del refinado, la pulpa de *E. globulus* de Cuzco, Cajamarca y Junio, a los ⁰SR obtenidos entre 0 y 8.000 vueltas en PFI experimenta las siguientes variaciones en el presente estudio.

3.1 La longitud de rotura (LR) de la pulpa de Junín se incrementa en 133 por ciento, la del Cuzco en 129 por ciento y la de Cajamarca en 119 por ciento.

3.2 Los dobles pliegues (DP) experimentan 132.750 por ciento de incremento en pulpa de la del Cuzco, 94.033 por ciento en pulpa de la de Junín y 44,650 por ciento en pulpa de la de Junín y 44.650 por ciento en la de Cajamarca.

3.3 El índice de reventamiento (IR) aumenta en 291 por ciento en pulpa de Cuzco, 283 por ciento en la de Junio y 245 por ciento en la de Cajamarca.

3.4 El índice de rasgado (ID) se incrementa en 113 por ciento en la pulpa de Cajamarca, 107 por ciento en la de Cuzco y 102 por ciento en la de Junio, entre los ⁰SR correspondientes a 0 y 4000 vueltas en PFI, luego desciende algo, con lo que la ganancia absoluta entre los ⁰SR obtenidos de 0 a 8000 vueltas en PFI es de 97, 96 y 80 por ciento respectivamente.

4. A 45 ⁰SR, la pulpa de *E. globulus* del Cuzco supera a las de Cajamarca y de Junín en Lr, DP e IR, en tanto que la de Junín tienen mayor ID que la de Cuzco y Cajamarca.

5. Comparando la pulpa de *E. Glóbulus* de Cuzco, Cajamarca y Junín a 45 ⁰SR con la de cinco coníferas se tiene que:

5.1 La pulpa de Cuzco y Junín supera en LR a la que cuatro coníferas y la de Cajamarca a tres.

5.2 La pulpa de Cuzco supera en DP a la de tres coníferas, la de Junín a una y la de Cajamarca a ninguna.

- 5.3 El IR de la pulpa de Cuzco es igual al de una conífera y superior al de otras dos, el de Junio y de Cajamarca supera el de una conífera.
- 5.4 El ID de la pulpa de Cuzco, Cajamarca y Junio supera al de las cinco coníferas de referencia.
6. Al comparar la pulpa de *E. glóbulus* de Cuzco, Cajamarca y Junio con los máximos de LR, DA, IR e ID en pulpa química al sulfato de 53 especies de madera de latifoliadas peruanas, a 45 °SR los resultados son los siguientes:
- 6.1 La pulpa de *E. glóbulus* de las tres procedencias tiene una LR del orden de 75 por ciento M máximo entre la pulpa de 53 maderas de latifoliadas peruanas.
- 6.2 La pulpa de Cuzco tiene DP equivalente al 12 por ciento del máximo, la de Junín a 8 por ciento y la de Cajamarca el 5 por ciento.
- 6.3. La Pulpa de las tres procedencias tiene un IR de un 30 por ciento del máximo.
- 6.4. La pulpa de las tres procedencias llega al 60 por ciento de ID en relación al, máximo de este parámetro entré la de las 53 especies de maderas latifoliadas peruanas.
7. Por sus bajos índices de cloro y kappa la pulpa de *E. glóbulus* de las tres procedencias es de fácil blanqueo.
8. La composición química de la madera de *E. globulus* de Cuzco, Cajamarca y Junín se compara favorablemente con la de 16 coníferas utilizadas en fabricación de pulpa para papel.

BIBLIOGRÁFICA

1. BUENO, J. 1979. Correlaciones entre el Índice de Cloro, Índice de Kappa y Lignina Residual de Pulpa Química al Sulfato, Revista Forestal del Perú. Lima. 9 (2): 59-67.
2. 1978. Pulpa Química y Semiquímica al Sulfato y al Sulfito y Pulpa Mecánica de 53 Especies Forestales del Perú, Revista Forestal del Perú. Lima. 8 (1-2): 3-78.
3. 1978. Estudio de posibilidades industriales de maderas nacionales para fabricación de pulpa para papel. Laboratorio de pulpa y papel. UNA. Lima. 223p.
4. 1971. Aptitud Papelera Probable de 32 maderas de Tumbes y de 56 de Iparia, Estudio de Mercado y Comercialización de Productos Forestales del Perú, Departamento de Industrias Forestales. UNA. 298-302 p.
5. 1970. Aptitud Papelera de 21 Especies Forestales del Perú. Revista Forestal del Perú. Lima. 4 (1-2): 32-40.
6. 1969. Fabricación de Pulpa Celulósica por el Proceso al Sulfito Neutro de Sodio, Revistas Forestal del Perú. Lima. 3 (1): 9-12.

7. 1969. Evolución de las Características Mecánicas y Ópticas de una Pulpa al Sulfato en Función del Refinado y Blanqueamiento, Anales Científicos, UNA. Lima. 7 (3-4): 292-305.
8. Facilidad de. Deslignificación de Maderas Peruanas, (En preparación).
9. 1972. Postes de Madera para Líneas Aéreas de Conducción de Energía. Departamento de Industrias Forestales, UNA. Lima. 218 P.
10. **CASEY, JP.** 1961. Pulp and Paper Interscience Publishers, Nueva York. 1-3: 2113 p.
11. **CLARK, R.T.** 1967. La Fabrication des Papiers Fines avec les Pates au Sulfate de Bois feuillus. atip. Paris. 21 (5): 259-270 p.
12. **COSTA COLL, T.** 1962. Manual del Fabricante de Papel, Bosch, Barcelona. 710p.
13. **COZZO, D.** 1955. Eucaliptus y eucaliptotecnia, Ateneo, Buenos Aires, 393 p.
14. **CHENE, M.** 1963. Chimie Appliquée, Hierie París. 303 p.
15. **CHENE, M.; N. DRISCH.** 1967. La Cellulose, Presses Universitaires de France, París. 128 p.
16. **DADSWEL, H.** 1962. Wood Extractives and their significance to the Pulp and Paper Industry. Academic Press, Nueva- York, 513 p.
17. **FAO.** 1973. Guía para planificar Empresas y Fábricas de Pasta y Papel, Roma. 425p.
18. **GRANT, J.** 1966. Manuel sobre Fabricación de Pulpa y Papel, Continental, México. 678 p.
19. **GUHAS, S.** 1966. Writing and Printing Papers from Eucalyptus Indian Forester Dehra Dum, India. 92(4): 228
20. 1965. Chemical Pulps for Writing and Printing Papers from Eucalyptus robustly, Indian Forester Dehra Dum, India. 91 (5): **294-306 p.**
21. **HERRERA DE LA SOTA, A.** 1976. La Madera como Materia Prima Natural, VI Convención Nacional de la Industria Química, Madrid.
22. **TINTEC.** 1973. Postes de Madera para Líneas Aéreas de Conducción de Energía: Postes de Eucalipto. Lima 251.024: 3p.
23. **KYRLUND, B.** 1976. El papel procedente de bosques tropicales húmedos, Una- Roma. 28 (112-113) 86-92.
24. **LIBBY, E.** 1967. Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel, Continental, México. 1:533 p.
25. **MARTIN, G.** 1965. Físico-Química del Papel. Offset, Barcelona. 64 p.
26. **MERCIER, J. Y OTROS.** 1968. Contribution a L'Etude du Raffinage des Antes de Feuillis, atip, París. 22 (1): **23-53 p.**

- 27. METRE, A. 1956.** El Eucalipto en la Repoblación Forestal, Estudio de Silvicultura de Productos Forestales 11, **FAO, Roma. 431 p.**
- 28. MOLINA, E. J. BUENO. 1979.** Pulpa al Sulfato de 7 Mezclas de 39 Maderas de la Zona de Iquitos, Revista Forestal del Perú, Lima. 9 (2): 26-37
- 29. NAVARRO, J. 1976.** Evaluation of Mixed Tropical Harwood for Pulp and Paper Manufacture. FAO. Roma.
- 30. PAZ, J. Y OTROS. 1978.** Procesos de Obtención de Celulosa a partir de *Eucalyptus globulus* Labill, Universidad de Concepción, Chile. 5: **46 p.**
- 31. PETROFF, G. 1960.** Características Papetieres de quelques Esences Tropicales de Reboisement, Centre Technique Forestier Tropical, Nogret sur-Marne. 1: 139 p.
- 32. RICO-AVELLO, J. 1969.** Constitución y comportamiento de las hemicelulosas en la fabricación de célula, Libro Homenaje al Profesor O. Fernández. Madrid.
- 33. RODRIGUEZ JIMENEZ, J. 1970.** Los Controles en la Fabricación de Papel, Broma, Madris. 359 p.
- 34. RODRIGUEZ SANCHEZ, IR. 1969.** Características Papeleras de 101 Especies de la Guayana Venezolana, Universidad de los Andes, Mérida. 42 p.
- 35. 1965.** La Evaluación de Materias Primas para la Pulpa de Papel a partir de sus Propiedades Fundamentales, Instituto Forestal Latinoamericano, Mérida, Boletín 17: 58-89 p.
- 36. 1963.** Mecanismo de la Obtención de Pulpa por Procesos Alcalinos, Instituto Forestal Latinoamericano, Mérida, Boletín 12: 16-30 p.
- 37. ROMATIER, G. 1965.** Effect de la Proportion des Fines sur les Propietes des Pates et Rapaces, Congreso de la ATIP, Uriage.
- 38. RYDHOLM, S. 1967.** Pulping Processes, Interscience Publishers, Nueva York. 1269p.
- 39. SILVY, J. Y OTROS. 1968.** Methodes Pratiques de Controle du Raffinage, ATIP. París 22 (1): 31-53 P.
- 40.SPENCER H. Y OTROS. 1970.** Beating and Refining, Pulp and Paper Manufacture, Mac. Graw-Hill, New York. 3:131.183 p
- 41. VELEZ H. 1976.** Elaboración de Pastas al Bisulfito de Magnesio a partir de *Eucalyptus globulus*, ATIPCA, Buenos Aires 15 (2): 34-40 p.