

## OBTENCION DE PULPA PARA DISOLVER DE *Jacaranda copaia* MEDIANTE EL PROCESO AL SULFATO CON PREHIDROLISIS

Enrique González Mora<sup>1</sup>

### RESUMEN

Mediante el proceso químico el sulfato con prehidrólisis variando el álcali activo, se obtuvo pulpa para disolver a partir de madera de huamansamana (*Jacaranda copaia Aubi*). Se utilizó el esquema de blanqueo C-E-C-E-H. Los rendimientos finales variaron entre 37.45 y 42.95 por ciento. En las tres pulpas obtenidas se eliminó más del 60 por ciento de pentosanos y en dos de ellas se alcanzó más del 90 por ciento de alfa-celulosa. Asimismo, los valores de polimerización máximo y mínimo fueron 548 y 440, respectivamente. Se concluye que el proceso de pulpeo con 24 por ciento de álcali activo es el más recomendable para esta clase de madera.

### SUMMARY

A dissolving pulp was obtained by kraft pulping with prehydrolysis, changing the activo alkali, and utilizing samples of huamansamana wood (*Jacaranda copaia Aubi*). The bleaching sequence was C-E-C-E-H. Dissolving pulp yields ranged between 37.45 and 42.95 percent. In the three pulps obtained more than 60 percent of pentosans were removed, and more than 90 percent of alpha cellulose was got in two pulps. The minimum polimerization degree was 440 and 548 the maximum. It is concluded that the pulping process with 24 percent active alkali is the most recommendable for this kind of wood.

### INTRODUCCION

Dentro de las diversas formas de transformación química de la madera destaca la obtención de pulpa celulósica para la fabricación de papeles y cartones. Sin embargo, otras formas de utilización no menos importantes, dentro de la industria de la pulpa, son la elaboración de tableros de fibras y pulpa para disolver productos.

La pulpa para disolver es utilizada en la fabricación de diversos productos como el rayón, celofán, acetato de celulosa, nitrocelulosa, carboximetilcelulosa, etc. En el Perú las importaciones de estos productos en 1983 representaron más de 9 millones de dólares (Scheuch, 1985).

En la actualidad muchos de los derivados celulósicos han sido reemplazados por productos sintéticos obtenidos del petróleo, gas o carbón mineral; sin embargo, estos recursos son agotables, y por tal razón en algún momento escasearán. La fabricación de pulpa para disolver a partir de madera y otros recursos lignocelulósicos es entonces una posibilidad industrial que merece ser estudiada (Goldstein, 1979). Los recursos forestales de la Amazonía peruana son una buena fuente para el desarrollo de la industria química forestal, pues incluye especies de rápido crecimiento, baja densidad y sin valor comercial, características ideales de una madera pulpable. La huamansamana (*Jacaranda copaia Aubi*) es una especie tropical que presenta las características antes mencionadas, por lo que es idónea para la obtención de pulpa celulósica, ya sea para papel o para disolver (Bueno, 1978; González, 1986).

El presente trabajo tuvo por finalidad obtener y evaluar pulpa para disolver a partir de la madera de huamansamana, utilizando el proceso químico el sulfato con prehidrólisis.

<sup>1</sup> Ingeniero forestal, Profesor auxiliar, Facultad de Ciencias Forestales, UNALM

**REVISION DE LITERATURA**

FAO (1973) señala que la pulpa de madera u otra forma de celulosa muy purificada, producida para su transformación química en derivados, se denomina pulpa para disolver o pulpa alfa especial. Esta se utiliza para producir rayón, celofán, sedas artificiales, películas transparentes para envases y fotografía, nitrocelulosa para explosivos y lacas y plásticos celulósicos. Los procesos de obtención de dicha pulpa son diferentes y más complejos que los de pulpa para papel, siendo sus criterios de evaluación diferentes. Por otro lado, Smook (1982) dice que las pulpas para disolver, o solubles, son obtenidas por los procesos al sulfato modificado, con prehidrólisis, o al sulfito; en cada caso el objetivo es producir una celulosa relativamente pura y uniforme. Las maderas de coníferas son las que ofrecen mejores condiciones, pero también se usan algunas latifoliadas. Casey (1980) y Tsou (1960) agregan que también se usan otras materias primas como el bagazo de caña de azúcar y el bambú, en ambos casos utilizando el proceso el sulfato con prehidrólisis.

Referente a la prehidrólisis, en el proceso el sulfato, Casey (1980) dice que esta ocurre en un digestor continuo, debido a los ácidos generados por la madera y en un medio acuoso, por acción de temperaturas elevadas que hidrolizan las hemicelulosas y las vuelven solubles en una posterior cocción alcalina.

Respecto a las características de la pulpa soluble, FAO (1973) menciona que, de acuerdo al uso, la cantidad de  $\alpha$  - celulosa en pulpas al sulfito varía de 87.5 a 96.0 por ciento, y en pulpas al sulfato con prehidrólisis varía de 93 a 98 por ciento. En ambos casos el grado de polimerización varía de 500 a 1000 unidades de anhídrido de glucosa. En el Cuadro 1 se muestran las principales características de la pulpa para disolver de ciertas especies, obtenida por el proceso al sulfato con prehidrólisis

obtenidas por el proceso al sulfato con prehidrólisis						
Especies	Grado de polimerización*	Hemicelulosa** %	Extractivos %	Blancura Elrepho *	Purificación alcalina	Usos
Quercus sp. (roble)	416	2.60	0.07	93.0	caliente	rayón regenerable
Liquidambar sp. (goma)	858	2.60	0.06	92.4	caliente	filamento HWM
Liquidambar sp. (goma)	1033	1.20	0.03	88.6	fría	cuerdas de llantas
Liquidambar sp. (goma)	852	1.50	0.06	92.6	fría	fibras polinósicas
Pinus spp. (pino)	720	4.30	0.01	93.2	caliente	rayon regenerable
Pinus spp. (pino)	844	3.10	0.01	89.9	caliente	filamento HWM
Pinus spp. (pino)	793	2.80	-	88.2	caliente	cuerdas de llantas
Pinus spp. (pino)	809	2.60	0.01	92.5	fría	acetato
Fuente: Britt (1970)						
* estimado por el autor a partir de la viscosidad intrínseca de la pulpa						
** corresponde a la suma de xilanos y mananos						
*** extractivos solubles en éter						

Casey (1980) dice que el promedio del grado de polimerización influye en las propiedades de los derivados de la celulosa. El grado de polimerización es determinado por la calidad de la pulpa y por las condiciones de reacción durante la formación de los derivados celulósicos. Britt (1970) agrega que el grado de polimerización es usualmente reducido por el hipoclorito durante el blanqueo, que se usa por su bajo costo y facilidad de control. Además Casey (1980) menciona que para derivados a ser usados en fibras, hilados, films y plásticos moldeables o lacas de spray de polimerización; pero

si las propiedades mecánicas son importantes en el producto final, el grado de polimerización aumentará. Respecto de las hemicelulosas, Casey (1980) y Rydholm (1967) dicen que para remover los xilanos y mananos insolubles, luego del blanqueo, se debe realizar una purificación alcalina, la cual, Rivera (1979) agrega, debe ser considerada como una continuación de la digestión ya que disuelve algunos carbohidratos, lignina, resina y otras impurezas, aunque es difícil de obtener una pulpa purificada para un amplio rango de usos.

Rydholm (1967) dice que la influencia de los extractivos sobre la pulpa soluble es pronunciada, ya que causa alteraciones en la viscosa y en la formación de hilados cuando la cantidad es mayor al 0.4 %; pero cuando es menor de 0.15% de filtración se complica porque baja la actividad superficial. Esta deficiencia se supera al agregar agentes activo – superficiales sintéticos.

En cuanto a las características químicas de la madera de huamansamana, Bueno (1978) reporta los siguientes valores: 53% de celulosa, 12% de lignina, 0.7% de cenizas y 2% de extractivos en alcohol benceno. Respecto a la obtención de pulpa al sulfato, González (1986) obtuvo rendimientos de 50, 49 y 48 por ciento trabajando con 20, 22 y 24 por ciento de álcali activo respectivamente.

## 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, en el año de 1986.

Se analizaron muestras provenientes de cinco árboles de huamansamana, recolectadas en la zona de Nauta, Loreto, mediante el convenio UNA-MIT "Estudio de Posibilidades Industriales de Maderas Nacionales para Fabricación de Pulpa y Papel".

Las muestras de madera de huamansamana fueron reducidas a astillas de 15 x 15 x 30mm y mezcladas, para luego determinar el contenido de humedad.

El proceso para obtener la pulpa para disolver consistió de tres fases generales:

1. Prehidrólisis: En esta fase las astillas de madera fueron colocadas en una canastilla metálica, dentro de un digestor rotatorio de 15 litros de capacidad, y sometidas a un tratamiento con agua a una temperatura máxima de 150°C, con un período de elevación de 60 minutos y un período a temperatura máxima de 120 minutos. El pH inicial fue 6.2 y 3.5 el pH final; la cantidad de materia seca fue de 400 g, la humedad de las astillas 58.4 por ciento y la relación líquido/materia seca 6/1. Finalizada esta fase se lavaron las astillas prehidrolizadas con agua desionizada sobre malla N°150, hasta neutralizar el pH, luego fueron centrifugadas, para posteriormente determinar su peso húmedo, contenido de humedad y rendimiento de prehidrólisis (Rp%) según la fórmula:

$$Rp\% = \frac{\text{Peso seco final}}{\text{Peso seco Inicial}} \times 100$$

2. Digestión: Para esta fase las astillas prehidrolizadas fueron sometidas a una cocción al sulfato, bajo tres condiciones diferentes, variando el álcali activo. En cada caso se utilizó un obús dentro del digestor rotatorio; las condiciones de trabajo se encuentran indicadas en el Cuadro 2. Luego de la digestión se lavó la pulpa obtenida con agua desionizada sobre malla N°150, se centrifugó y homogenizó en un Cripto Perles; posteriormente se determinó el peso húmedo de cada pulpa, así como su contenido de humedad. Con estos datos se calculó el rendimiento de digestión (Rd%) y el rendimiento parcial o acumulado (Ra) referido a peso seco inicial.

$$Rd\% = \frac{\text{Peso seco pulpa}}{\text{Peso seco astillas}} \times 100$$

$$Ra = \frac{(Rp\% \times Rd\%)}{100}$$

3. **Blanqueo:** Para esta fase se empleó un esquema de cinco etapas, cloro - extracción alcalina – cloro extracción alcalina - hipoclorito (C-E-C-E-H), cuyas condiciones se encuentran especificadas en el Cuadro 3. La demanda de blanqueador fue determinada por el índice de cloro de cada pulpa. Luego del blanqueo, se lavó, centrifugó y homogenizó la pulpa, calculándose la humedad y con ella el rendimiento de blanqueo (Rb%) y el rendimiento final (Rf) referido al peso seco inicial.

$$Rb\% = \frac{\text{Peso seco pulpa blanq.}}{\text{Peso seco s/blanq.}} \times 100$$

$$Rf = \frac{(Ra \times Rb\%)}{100}$$

Cuadro 2. Condiciones de la fase de digestión para obtener tres pulpas por el proceso al sulfato con prehidrólisis, a partir de madera de (Jacaranda copaia).

Condición	Pulpa A-20	Pulpa A-22	Pulpa A-24
Materia seca prehidrolizada (g)	90	90	90
Alcali activo como Na2O (%)	20	22	24
Sulfidez como Na2O (%)	25	25	25
Relación líquido/Ms	5/1	5/1	5/1
Temperatura máxima (°C)	160	160	160
Periodo de elevación de temperatura (minutos)	90	90	90
Periodo a temperatura máxima (minutos)	60	60	60
pH inicial	12.80	12.80	12.9
pH final	12.90	12.90	13.0

Se analizaron las siguientes determinaciones para las pulpas obtenidas sin blanquear y blanqueadas: α - celulosa según norma TAPPI 203 os-70, pentosanos por el método, Bromuro Bromato Generalizado, lignina residual según el método Yayne Schemp, cenizas según norma ISO R-1762, extractivos en alcohol-benceno (extractivos AB) según norma TAPPI T6 os-59 y holocelulosas (H%) según la fórmula siguiente:

$$H\% = 100 - (\% \text{ lignina residual} + \% \text{ extractivos AB} + \% \text{ cenizas})$$

El índice de cloro se determinó según la norma SCAN 29:72, sólo en la pulpa sin blanquear; el grado de polimerización en medio viscosimétrico, según norma AFNOR T12-005, sólo en las pulpas blanqueadas. En todas las pulpas obtenidas se determinó la blancura según norma ITINTEC 272:033.

*Publisor*

Cuadro 3. Esquema de blanqueo C-E-C-E-H para las pulpas el sulfato con prehidrólisis, obtenidas de madera de (*Jacaranda copaia*)

Variable	Cloracion (C)	Extracción alcalina (E)	Cloración (C)	Extracción alcalina (E)	Hipoclorito (M)
Cloro * (%)	40	-	30	-	30
Hidróxido de sodio** (%)	-	3	-	3	-
Concentración de la pulpa (%)	5	10	5	10	10
pH Inicial***	1.10	12.00	1.43	11.30	11.15
pH final***	1.08	10.88	1.60	11.03	10.95
En cada tratamiento se usaron 20 g de materia seca					
* la distribución de cloro en cada etapa se refiere al índice de cloro obtenido para cada pulpa (Cuadro 5)					
** los porcentajes están referidos a peso seco de pulpa					
*** valores promedios					

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados correspondientes a rendimiento de prehidrólisis, digestión y blanqueo, así como los rendimientos parciales y totales de las pulpas obtenidas se encuentran en el Cuadro 4. En el Cuadro 5 se presentan los resultados correspondientes a las determinaciones químicas y blancura de las pulpas obtenidas.

Cuadro 4. Porcentajes de rendimientos obtenidos en las fases de prehidrólisis, digestión y blanqueo de la pulpa para disolver de *Jacaranda copaia*

Fase	Pulpa A-20	Pulpa A-22	Pulpa A-24
<b>Prehidrólisis</b>			
rendimiento	92.03	92.03	92.03
<b>Digestion</b>			
rendimiento de digestión	48.39	45.52	42.27
rendimiento parcial	44.53	41.89	38.90
<b>Blanqueo</b>			
rendimiento de blanqueo	96.45	95.77	96.28
rendimiento final	42.95	40.12	37.45

El rendimiento de prehidrólisis (92.03%) demuestra que una buena parte de extractivos y algunos carbohidratos fácilmente degradables se solubilizan debido a la acción de la temperatura alta en un medio acuoso (Cuadro 4). Además generan ácidos provenientes de la madera (comprobado por la disminución del pH de 6.2 a 3.5) que actúan sobre las hemicelulosas, pentosanos principalmente, hidrolizándolas en su mayor parte. Posteriormente las hemicelulosas se solubilizan en la fase de la digestión. Los rendimientos logrados en la fase de la digestión son menores que los obtenidos en trabajos similares, pero sin prehidrólisis (González, 1986), debido a que además de haber una

deslignificación, por acción de los reactivos químicos, existe una mayor solubilización de los pentosanos que han sido hidrolizados en la fase anterior. Para visualizar mejor la deslignificación, o efectividad de eliminación de los pentosanos, el Cuadro 6 presenta una comparación entre las pulpas al sulfato sin prehidrólisis (González, 1966) y las del presente trabajo. Es evidente que la capacidad de eliminar pentosanos es muy superior en las pulpas prehidrolizadas.

Referente a las determinaciones químicas de la pulpa para disolver obtenida se observa en el Cuadro 5 que las cantidades logradas se encuentran cercanas al rango que se obtiene normalmente en pulpas al sulfato con prehidrólisis (93 a 98%), pero superan al valor mínimo obtenido con pulpas al sulfito (87.5%) según lo indicado por FAO (1973). Para el caso del grado de polimerización los valores obtenidos se encuentran dentro del rango establecido por FAO (1973) de 500 a 1000 unidades; aunque valores menores que 500 también se emplean, como es el caso del roble (416 unidades), cuya pulpa es utilizada para rayón regenerable (Britt, 1970).

Los porcentajes de pentosanos obtenidos en la pulpa para disolver (Cuadro 5) se encuentran cerca del máximo permitido, que es 4 por ciento (Rivera, 1979), ya que mayores cantidades causan problemas. Tal es el caso de la pulpa para rayón, en la que los pentosanos interfieren en la filtración de la viscosa y en el hilado, obstruyendo las hileras. Dada la solubilidad de los pentosanos en álcali, luego del blanqueo, estos pueden disminuir realizando una purificación alcalina en frío (Rivera 1979) y de esta manera hacer más adecuada la pulpa para una mayor variedad de usos.

Respecto de la lignina residual se determinaron porcentajes de deslignificación del orden de 94.22, 94.64 y 96.62 para las pulpas A-20, A-22 y A-24 respectivamente. El porcentaje de lignina en la madera es 28.72 por ciento (Bueno, 1978). Los valores de extractivos AB encontrados (Cuadro 5) son superiores al 0.40 por ciento de extractivos máximo permitido; cantidades mayores que 0.40 por ciento causan disminución de calidad en el producto obtenido. Los porcentajes de cenizas en las pulpas blanqueadas también son superiores al máximo permitido en las pulpas solubles, especialmente las usadas para rayón, cuyo valor es igual o menor a 0.11 por ciento de cenizas (Rivera, 1979). Cabe agregar que en estos casos se debe poner especial atención a la calidad del agua utilizada en el proceso, ya que las aguas duras o de baja calidad influyen significativamente en la cantidad de cenizas de la pulpa.

Los valores de blancura (Cuadro 5) pudieron haber sido mayores si las cantidades de cloro, como agua clorada o hipoclorito, se hubiesen distribuido en mayor número de etapas de blanqueo, o si se hubiera utilizado agentes blanqueadores más efectivos y selectivos, como dióxido de cloro que es muy específico para eliminar los compuestos cromógenos, lignina residual principalmente, y que actúan con una mínima degradación sobre las cadenas de celulosa.

Cuadro 5. Determinaciones químicas y blancura de las pulpas químicas al sulfato con prehidrólisis, obtenidas de madera de Jacaranda copaia (en porcentajes)

Determinación	Pulpa A-20	Pulpa A-22	Pulpa A-24
Indico de cloro*			
pulpa sb	5,26	4,53	3,58
-c -celulosa			
pulpa sb	88,06	88,14	88,66
pulpa bl	89,35	90,13	90,91
Grado de polimerización**			
pulpa bl	548	545	440
Pentosanos			
pulpa sb	5,27	4,84	4,63
pulpa bl	4,71	4,45	4,41
Lignina residual			
pulpa sb	3,42	3,41	2,76
pulpa bl	1,66	1,54	0,97
Extractivos AB***			
pulpa sb	1,58	1,22	1,02
pulpa bl	0,68	0,49	0,43
Cenizas			
pulpa sb	0,82	0,63	0,59
pulpa bl	0,48	0,46	0,38
Blancura			
pulpa sb	36,10	38,90	39,80
pulpa bl	78,60	80,50	81,20

\* expresado en g de cloro por 100 g pulpa seca.

\*\* expresado como unidades de monómeros de enhidrido de glucosa por cadena de celulosa

\*\*\* extractivos solubles en alcohol-benceno

pulpa sb: pulpa sin b pulpa bl: pulpa blanqueada

Cuadro 6. Despentosanización en porcentaje en las pulpas al sulfato con prohidrólisis, obtenidas de madera de Jacaranda copaia

Pulpa	Pentosanos en la madera*	Pentosanos en pulpa sin prohidrólisis**	Despentosanización	Pentosanos en pulpa con prohidrólisis	Despentosanización	Pentosanos en pulpa blanqueada	Despentosanización
A-20	11,78	10,35	12,14	5,27	55,26	4,71	60,02
A-22	11,78	10,21	13,33	4,84	58,91	4,45	62,22
A-24	11,78	8,75	25,72	4,63	60,70	4,41	62,56

\* Según Bueno (1978)

\*\* Pulpas al % pentosanos en madera obtenidas por Gonzales (1986) con condiciones similares de digestión a las del presente trabajo

$$\% \text{ Despentosanización} = \frac{\% \text{ pentosanos en pulpa}}{\% \text{ pentosanos en madera}} \times 100$$

## CONCLUSIONES

1. *Jacaranda copaia* muestra buenas aptitudes como productora de pulpa para disolver para la fabricación de diversos derivados celulósicos. El procedimiento seguido con la pulpa A-24 y purificación alcalina en frío luego del blanqueo, demostraron ser los más adecuados.
2. La aplicación del proceso el sulfato con prehidrólisis para obtener pulpa para disolver a partir de madera de huamansamana resultó muy efectiva para la eliminación de los pentosanos durante la fase de digestión. Se logró eliminar más del 60 por ciento de pentosanos en las tres pulpas obtenidas.
3. Para la misma especie con las pulpas A-22 y A-24, y utilizando el esquema de blanqueo C-E-C-E-H, se obtuvo más de 90 por ciento de  $\alpha$ -celulosa; pero sólo con la pulpa A-24 se obtuvo menos de uno por ciento de lignina residual.
4. Los pentosanos y los extractivos AB superan los valores máximos permitidos de 4 por ciento y 0.40 por ciento, respectivamente; sin embargo, ambos componentes pueden disminuir con una purificación alcalina en frío luego del blanqueo.
5. El grado de polimerización de la especie estudiada presenta valores que superan el valor de 416 unidades de la pulpa soluble de roble, utilizada para rayón regenerable.

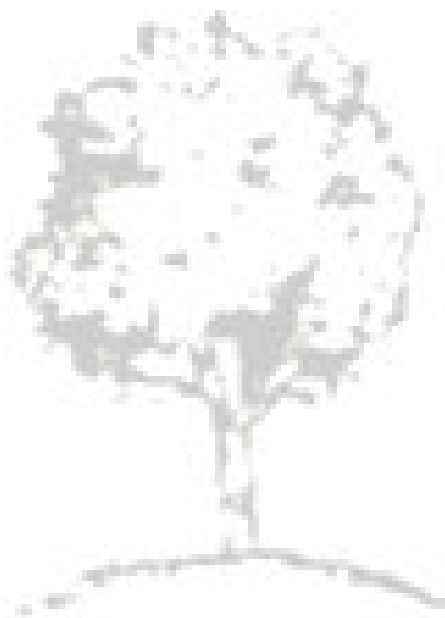
## BIBLIOGRAFIA

- BRITT, K. 1970. Handbook of Pulp and Paper Technology. 2 ed. New York, Van Nostrand Reinhold. 723 p.
- BUENO Z. 1978. Estudio de posibilidades industriales de maderas nacionales para fabricación de pulpa para papel. Lima, Convenio UNA-MIT. 223 p.
- CASEY, J. 1980. Pulp and Paper: Chemistry and Chemical Technology. Vol. 1. 3 ad. New York, Wiley and Sons 817 p.
- FAO. 1973. Guía para planificar empresas y fábricas de pasta y papel. Roma, FAO. 412 p.
- GOLDSTEIN, I. 1979. Productos químicos derivados de la madera. Unasyva (Italia).
- GONZALES M., E. 1968. Influencia de la lignina residual en las propiedades físico-mecánicas de la pulpa química al sulfato de huamansamana (*Jacaranda copaia* Aubl). Tesis Ing. Forestal. Lima, Facultad de Ciencias Forestales, UNALM. 165 p.
- RIVERA, J. 1979. Adaptación de una celulosa Kraft blanca para la fabricación de rayón. Habilitac. Profesional. Concepción, Chile, Universidad de Concepción. 92 p.
- RYDHOLM, S. 1967. Pulping Processes. New York, Interscience Publishers. 1269 p.
- SCHEUCH, H. 1985. Obtención de pulpa soluble de *Eucalyptus globulus* Labill mediante el proceso al sulfato con prehidrólisis. Tesis Ing. Forestal. Lima, Facultad de Ciencias Forestales, UNALM. 76 p.



SMOOK, G. 1982. Handbook for Pulp and Paper Technologists. Montreal, TAPPI-CPPA-Canada. 395 p.

TSOU Y., C. 1962. Rayon Pulp from Bagasse. In Pulp and Paper Prospect in Asia and the Far East, Vol. H. Bangkok, FAO. 458- 464.



*Publisor*