

Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
JULIO/DICIEMBRE 1991 VOLUMEN 1 Nº2



INGENIERIA
1991

PULPEO DE HOJAS DE ITABO (*Yucca elephantipes*. Regel) CRECIENDO EN COSTA RICA

Ing. M. Lorena Blanco.
Róger Campos Cordero.

Resumen

Se fabricó papel a partir de hojas desfibradas de la planta de Itabo, creciendo en Costa Rica. El material desfibrado fue cocinado con hidróxido de sodio al 1% y refinado en un batidor holandés, a tres diferentes freeness.

Se determinaron las humedades, las características anatómicas de la fibra y la solubilidad del material en NaOH 1 %, los contenidos de cenizas y extractivos.

Se presentan los detalles de las condiciones de cocción, los rendimientos de los procesos y la evaluación de las pulpas.

Summary

Paper was made from leaves of the Itabo plant, grown in Costa Rica. The fibrous leaves, with their outer skins removed, were cooked in a 1% sodium hydroxide solution, and then beaten in a Hollander Beater. Samples at three different stages of Freeness were taken.

The moisture levels, the anatomy of the fibers, the material's solubility in the 1% sodium hydroxide solution, and the contents of ash and extractives were determined.

The details of cooking conditions, pulp yields, and pulp evaluation are given here.

INTRODUCCION

El Itabo es una planta monocotiledónea perenne, es decir las hojas se mantienen sobre la planta más de dos años, pertenece a la familia *Agavaceae*, aunque anteriormente se le ubicaba en la familia *Liliaceae*, por lo que en la literatura pueden encontrarse diferencias en este sentido.

El género *Yucca* posee alrededor de cuarenta especies de las cuales en nuestro país sólo se conocen dos: el itabo y el daguillo. Son originarias del norte de México y del sur de los Estados Unidos y probablemente fueron introducidas por los indígenas antes de la llegada de los españoles. (8)

Es una planta sumamente rústica y de fácil reproducción, que se ha utilizado en el país como barrera o cerca viva para la conservación de los suelos. La planta desarrollada puede alcanzar hasta diez metros de altura; la raíz es fibrosa y profunda, el tallo tiene forma redondeada y está compuesto de nudos que con el paso del tiempo tienden a engrosar y se asemejan a una pata de elefante.

En general, el itabo posee pocas ramas y numerosas hojas en forma de daga, de aproximadamente un metro de largo y de cuatro a siete centímetros de ancho. Los indios obtenían de las hojas fibras finas y fuertes que usaban como fibra textil. Actualmente las hojas se parten en tiras y se usan como cordeles y el tallo se exporta como planta ornamental.

Los indios del suroeste de los Estados Unidos usaron las especies *Yucca* para hacer sábanas, sandalias, brochas o pinceles en el período comprendido entre 1-450 después de Cristo. Las flores son blancas en forma de campana y son muy gustadas como alimento, preparadas fritas con huevo y en otras formas. (3,8)

En Costa Rica el itabo abunda en las regiones templadas y cerca de las costas, especialmente en la zona del Pacífico, en algunas ocasiones crece en regiones frías.

Las zonas de mayor producción son la zona Atlántica y la zona occidental del Valle Central, siendo el cantón de Acosta el lugar donde está la mayor plantación de aproximadamente 300

hectáreas, con unas 28 000 matas por hectárea. Allí existe la Asociación de Itaberos de Acosta, que en su mayoría está constituida por productores que exportan el tallo como especie ornamental, a lugares de Asia y de Europa; como consecuencia después de sacar el tallo las hojas quedan como desecho en la plantación.

En Estados Unidos, según Bell, Lilliam (2), existe la *Yucca filamentosa* de igual género al itabo, la cual se utiliza para producir papel mediante el siguiente método:

Se raspan las hojas frescas para eliminarles su piel externa (epidermis), se remojan en agua limpia por 24 horas y luego se cocinan por dos horas utilizando lejía (agua en que se han disuelto álcalis o carbonatos). Posteriormente se refinan durante 4 horas en un molino de bolas o se trituran si se desea obtener un papel con mayor textura.

La formación de la hoja puede ser a la manera japonesa, nepalesa u occidental obteniéndose un papel de color crema.

Según Barret, T. (1), la *Yucca elephantipes* se utiliza para hacer papel cuyo color depende del estado de la hoja utilizada.

En la preparación del material, si las hojas están secas se les deben eliminar todas las puntas para evitar la presencia de manchas negras en la pulpa final, si están verdes solamente se lavan.

El material se cocina de dos a cuatro horas dependiendo de la dureza de las hojas en una solución preparada disolviendo de 23-27 gramos de hidróxido de sodio en un litro de agua. Luego se bate a mano de 30 minutos a 1 1/2 horas, dependiendo de la cocción y de la calidad del papel deseado; si se emplea el batidor holandés, se bate durante 2 1/2 horas si se desea obtener papel crepé.

El método de formación sugerido es el Nagashi Zuki con adición de tororo-aoi, natural o sintético.

* Las propiedades mecánicas del papel obtenido varían con la cocción y el método de batido y si la hoja se trabaja verde o seca.

La *Yucca* fue usada por los Estados Unidos para hacer sacos de papel, durante la Segunda Guerra Mundial. Combinado con una tercera parte de musilina o ramio, se obtiene un papel muy bello y fuerte que se "riza" más que el papel de *Yucca* puro. (1)

SECCION EXPERIMENTAL

Materiales y Métodos

a. Preparación del material

Se cortaron hojas de itabo y se desfibraron en una máquina desfibradora (la misma que se utiliza en el proceso de la cabuya), con el fin de eliminarles la parte exterior (conocida como bagazo) y dejar solamente las fibras. Se determinaron la humedad del material antes y después del desfibrado y el rendimiento de este proceso.

b. Determinación de las propiedades químicas del material

Después de preparado, al material se le determinaron las siguientes propiedades químicas:

Humedad, T-298-0576

Solubilidad en NaOH al 1%, T-212 os 76

Extractivos, T-257 os 76

Cenizas, T-245 os 77

c. Cocimiento del material

El material desfibrado y seco se cortó en trozos de aproximadamente 3 cm y se cocinó en una solución de hidróxido de sodio al uno por ciento, a presión atmosférica durante dos horas y media, utilizando una relación de baño de 1 a 20. Al finalizar se lavó con suficiente agua hasta eliminar completamente el NaOH, se secó y se determinó el rendimiento de cocción.

d. Batido del material

El material se puso a remojar durante 24 horas en agua y luego se batió en una pila holandesa, a una consistencia de 1.1 %. Se tomaron muestras a tres tiempos de batido y se les determinó el freeness, según TAPPI T-227-om-85.

e. Medición de fibras

A cada tiempo de batido se tomaron muestras las cuales fueron teñidas con safranina al 2 % en alcohol al 50 %.

Se realizaron 50 mediciones de la longitud, el diámetro tangencial y el diámetro del lumen de las fibras, determinándose los valores promedios; la longitud mínima y la longitud máxima de las fibras. Se realizó también una clasificación porcentual

de acuerdo a la longitud, según la "Guía para la descripción de maderas", del Laboratorio de Productos Forestales, U.C.R.

f. Formación de las hojas

Para los tres diferentes freeness se formaron hojas de prueba de laboratorio, según TAPPI T-205-om-81, las cuales se acondicionaron a 60 % de humedad relativa y 21 grados centígrados.

g. Medición de propiedades a las hojas de prueba

Las hojas de prueba previamente acondicionadas, se cortaron según TAPPI T-220 os-71 y se les analizaron las siguientes propiedades.

Humedad, ASTM D-644-76. T-258-os76
Gramaje, TAPPI T-410 os 79.
Calibre, TAPPI T-411 os 76.
Fuerza de rasgado interno, TAPPI T-414 ts 65.
Fuerza de explosión, TAPPI T-403 os 76.
Fuerza de tensión, TAPPI T-494 om 81.
Brillantez, TAPPI T-452 om 71.
Opacidad, TAPPI T-425 om 81.
pH, TAPPI T-509 os 77.

h. Equipo Experimental

Batidor holandés, Voith de 1 1/2 lb.
Horno de alta temperatura Thermolyne FD 1525 M.
Horno Thermolyne OV 35435.
Balanza analítica Sartorius 132027.
Desintegrador de pulpa, Ogawa Seiki Co, OSK 2450.
Prensa, formadora y secadora de hojas, Ogawa Seiki Co., OSK 2444.
Medidor de Freeness tipo Schopper-Riegler, OSK 2449.
Probador de fuerza de rasgado tipo Elmen-dorf, Thwing-Albert Instrument Co., Filadelfia, Modelo 19154, (0-100 %).
Probador de fuerza de explosión tipo Mullen, Ogawa Seiki Co., Japón, Modelo OSK 2396-L (0-100 kPa).
Probador de fuerza de tensión tipo Schopper, Testing Machines Inc, New York, Modelo 84-01, (0-75 lb).
Micrómetro, Manostat (0-14.65 mm).
Microscopio, Olympus FH 203125 con pantalla American Optical de 14.5 cm de diámetro.
Peachímetro, Corning ((-)2 a 14).
Fotovoltímetro, Ogawa Seiki Co., Modelo OSK 2428 (0-100 %).

RESULTADOS

Cuadro No. 1.
Composición química del itabo desfibrado

Humedad (% BH)	48.4
Cenizas (% BS)	4.94
Solubilidad en NaOH 1% (% BS)	30.7
Extractivos (% BS)	29.8

Cuadro No. 2.
Curva de batido

Freeness (CSF)	Tiempo (minutos)
570	100
470	110
365	120

Cuadro No. 3.
Características anatómicas del itabo.

Freeness (CSF)	365	470	570
Longitud promedio (μ m)	1240	1664	1349
Longitud mínima (μ m)	207	200	373
Longitud máxima (μ m)	2480	3980	3867
Diámetro tangencial (μ m)	14.2	15.4	14.5
Factor de Runkel	0.74	0.60	0.69
Coficiente de Peteri	88	108	91

Cuadro No. 4
Clasificación de fibras de acuerdo a su longitud

Freeness (CSF)	365	470	570
Cortas (%) (< 900 μm)	36	20	34
Medianas (%) (9000-1600 μm)	32	28	32
Largas (%) (1600-2000 μm)	14	24	12
Muy largas (%) (> 2000 μm)	18	28	22

Cuadro No. 5
Rendimiento del proceso

Rendimiento de desfibrado (%BH)	35
Rendimiento de cocción (%BS)	60
Rendimiento total (%)	11

Cuadro No. 6.
Propiedades de las hojas de prueba

Freeness (CSF)	365	470	570
Físicas:			
Gramaje (g/m^2 BS)	59.7	59.2	60.5
Espesor (μm)	130	142	167
Densidad aparente (Kg/m^3)	459	417	280
Químicas:			
Humedad (% BS)	11.1	10.1	10.0
pH	6.20	6.11	6.23
Mécanicas:			
Factor de explosión (kN/g)	3.5	3.1	1.8
Índice de tensión (Nm/g)	39.6	36.5	26.0
Factor de rasgado (mNm^2/g)	997	895	756
Longitud de ruptura (m)	4031	3616	2663
Ópticas:			
Opacidad (%)	100	99	95
Brillantez (%)	22	23	23

— De acuerdo a las mediciones microscópicas de las fibras de Itabo, estas pueden clasificarse como de longitud mediana encontrándose la distribución porcentual mostrada en la figura No. 5 un ámbito de variación entre 200 y 3980 m. El factor de Runkel promedio de 150 mediciones es de 0.68, lo que ubica la calidad de la fibra como buena para la producción de papel. El coeficiente de Peteri promedio, también de 150 mediciones es de 96, lo que demuestra una buena superficie de contacto, o sea una buena unión fibra-fibra.

Durante el proceso de refinado no se da deterioro de las fibras, lo cual se demuestra en el cuadro No. 5.

— Las fibras de Itabo poseen una elevada cantidad de cenizas 4.94 % BS, y de extractivos 29.8 % BS, con respecto a las especies maderables.

Esto es una desventaja ya que se trata de una especie muy resinosa y que proveerá al papel de gran cantidad de cargas inorgánicas, además de que cuenta por lo tanto con menos cantidad de celulosa por cantidad de materia tratada.

La alta solubilidad en NaOH 1%, demuestra un contenido alto de hemicelulosas, que por su propiedad de formar puentes de hidrógeno, son beneficiosas a la hora de llevar a cabo los procesos de refinación y formación de la hoja, ya que ayudan a la hidratación y la unión de las fibras después del prensado y del secado. Puesto que la cocción se lleva a cabo con NaOH al 1 % el rendimiento disminuirá al eliminarse parte del material, muy probablemente resinas, grasas y otras sustancias que fueron determinadas como extractivos y que al ser eliminados mejorarán la calidad de la pulpa.

La humedad de las hojas es alta ya que se está trabajando con material recién cortado, lo que ayuda al proceso de desfibrado el cual genera un material libre de epidermis y con una humedad de 48% BH.

— El proceso de pasar de la hoja de Itabo verde a la pulpa refinada seca, tiene un rendimiento global de 11%, incluyendo los procesos de desfibrado y de cocción. El hecho de que éste sea un valor bajo no quiere decir que sea un proceso a descartar, sino que es necesario realizar el diseño del proceso a nivel industrial, el estudio económico respectivo y así determinar la rentabilidad del proyecto.

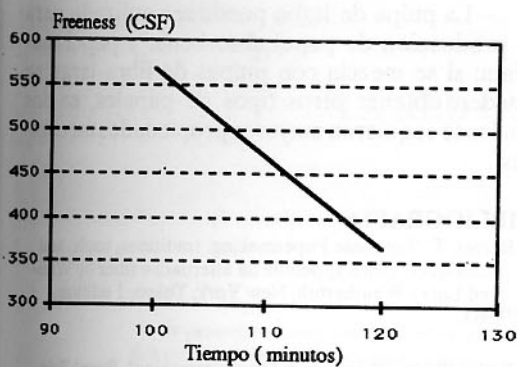


FIGURA Nº 1. CURVA DE BATIDO PARA EL ITABO DESFIBRADO TRATADO CON NaOH 1%

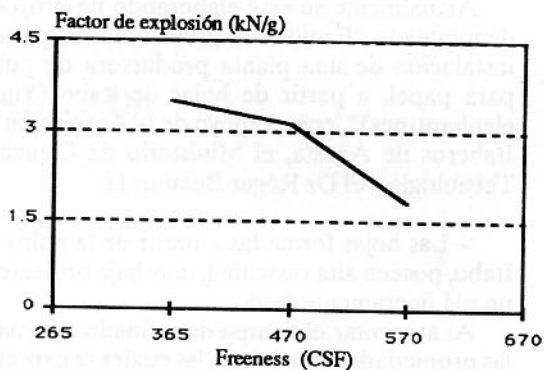


FIGURA Nº 2. VARIACION DEL FACTOR DE EXPLOSION CON EL GRADO DE BATIDO DE LA PULPA

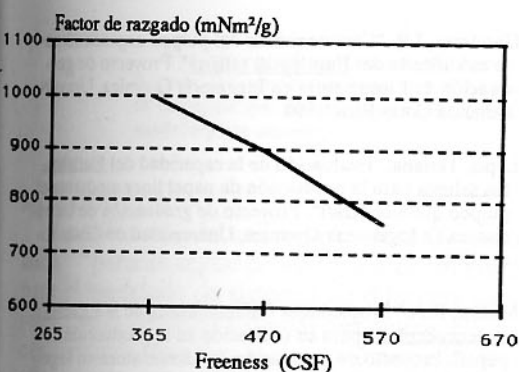


FIGURA Nº 3. VARIACION DEL FACTOR DE RAZGADO CON EL GRADO DE BATIDO DE LA PULPA

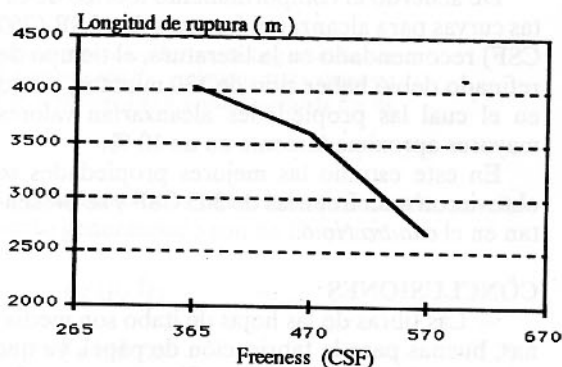


FIGURA Nº 4. VARIACION DE LA LONGITUD DE LA RUPTURA CON EL GRADO DE BATIDO DE LA PULPA

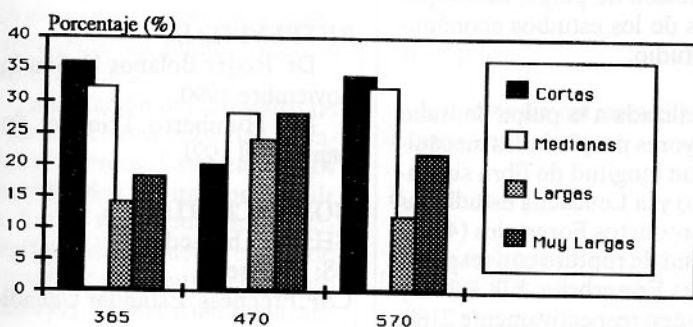


FIGURA Nº 5. CLASIFICACION DE FIBRAS DE ACUERDO A SU LONGITUD MEDIDA AL MICROSCOPIO

Actualmente se está elaborando un proyecto denominado "Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de pulpa para papel, a partir de hojas de Itabo (*Yucca elephantipes*)", con el apoyo de la Asociación de Itaberos de Acosta, el Ministerio de Ciencia y Tecnología y el Dr Róger Bolaños H.

— Las hojas formadas a partir de la pulpa de Itabo, poseen alta opacidad, muy baja brillantez y un pH ligeramente ácido.

Al aumentar el tiempo de refinado aumentan las propiedades mecánicas, las cuales se expresan en los factores de rasgado, de explosión y de longitud de ruptura, como se aprecia en las figuras Nos. 2, 3 y 4.

De acuerdo al comportamiento teórico de estas curvas para alcanzar el freeness de 45 SR (260 CSF) recomendado en la literatura, el tiempo de refinado debió haber sido de 130 minutos, punto en el cual las propiedades alcanzarían valores mayores aproximadamente en un 10 %.

En este estudio las mejores propiedades se obtuvieron a un freeness de 365 CSF y se presentan en el cuadro No.6.

CONCLUSIONES

— Las fibras de las hojas de itabo son medianas, buenas para la fabricación de papel, ya que presentan buena unión fibra-fibra; poseen además altos contenidos de cenizas, extractivos y hemicelulosas, en términos generales puede afirmarse que son adecuadas para la producción de papel bajo el método estudiado.

— El rendimiento global para obtener la pulpa es bajo, por lo que la decisión de utilizar este material para la producción de pulpa, está supeitada a los resultados de los estudios económicos, actualmente en estudio.

— La evaluación realizada a la pulpa de Itabo muestra que posee mayores propiedades mecánicas que otras pulpas con longitud de fibra similares, a saber el Eucalipto y la *Leucaena* estudiadas en el Laboratorio de Productos Forestales (4,5,6) y también mayor longitud de ruptura con respecto a las pulpas comerciales Fraserbrite, Elk Prime y National, las cuales poseen respectivamente 2180, 2223, y 1284 m (6).

— La pulpa de Itabo puede ser utilizada para la producción de papel absorbente y papel medium; si se mezcla con pulpas de fibra larga se pueden obtener otros tipos de papeles, en los cuales se requieran mayores propiedades mecánicas.

BIBLIOGRAFIA

1. Barret, T. "Japanese Papermaking: traditions, tools, and techniques" (with appendix on alternative fiber by Wini-fred Lutz). Weatherhill, New York, Tokyo, 1 edition, 1983.
2. Bell, Lilliam. "Plant fibers for papermaking". Royal Printrin, Mc Minnville, Oregon, USA.
3. Esau, Katherine. "Anatomía vegetal". Ediciones Omega S.A. Tercera edición revisada. Barcelona, España, 1976.
4. Gutiérrez, J.R. "Características del pulpeo organosolvente modificado del *Eucalyptus saligna*". Proyecto de graduación de Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Costa Rica, 1990.
5. Lépiz, Tatiana. "Evaluación de la capacidad del *Eucalyptus saligna* para la producción de papel liner mediante el pulpeo químico Kraft". Proyecto de graduación de Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Costa Rica, 1990.
6. Muñoz, R.A. "Propiedades fundamentales de la *Leucaena leucocephala* para su utilización en la producción de papel". Proyecto de graduación de Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Costa Rica, 1990.
7. Salas, G. "Enraizamiento y brotación de itabo con reguladores crecimiento". Tesis de Grado, Agronomía, Universidad de Costa Rica, 1987.
8. Stanley, P. "Flora of Costa Rica". Publication 391. Fiel Museum of Natural History, Chicago, U.S.A., October 12, 1937.

ENTREVISTAS

Dr. Róger Bolaños H. San Ignacio de Acosta, noviembre 1990.

Dr. Humberto Trimiño. Scott Paper Company, abril 1991

NOMENCLATURA

BH: Base húmeda

BS: Base seca.

CSF: Freeness Estándar Canadiense.