

Jorge Armando Mera Banguero  
Ingeniero Químico - Director Programa Técnico Profesional en  
Fabricación de Papel - Unicomfacauca Puerto Tejada  
Edward Andrés García Saavedra  
Ingeniero Químico, Docente Programa Tecnología Producción  
Industrial, Unicomfacauca Sede Puerto Tejada.

# Fabricación de papel artesanal a partir de Fique como fuente de fibra alternativa

**Resumen:** La fuerte demanda mundial de papel y las desventajas de su fabricación a partir de fibras madereras dan lugar a esta investigación, la cual se centró en evaluar las potencialidades del Fique como una fibra alternativa para elaborar papel.

Los desarrollos experimentales se llevaron a cabo a nivel de planta piloto, con el objetivo de producir un papel artesanal con maquinaria especializada para este fin. En el transcurso de la investigación se analizaron las principales variables inmersas en los procesos de elaboración de papel artesanal, a partir del Fique.

Se obtuvieron las mejores condiciones de operación para el proceso de producción de papel y las propiedades que aporta el Fique a la hoja de papel. Las mejores condiciones de operación fueron en el tiempo de residencia en la licuadora durante 6 minutos, concentración de pulpa 40% y tiempo de residencia en pila holandesa 10 minutos.

**Palabras claves:** Papel artesanal, Fique, fibras alternativas.

## Introducción

El impacto ambiental ocasionado por la deforestación de bosques y el largo tiempo de cultivo de la madera son las principales desventajas de la producción de papel a partir de fibras de origen leñoso. Por estos motivos, se consideró pertinente realizar una investigación exploratoria en busca de fuentes alternativas de fibras para la elaboración de papel.

La industria papelera se considera una de las más grandes del mundo, ya que este producto presenta una demanda muy alta. La principal fuente de fibra para la producción de pasta es la madera procedente de los bosques de coníferas y latifoliadas. La composición química de la madera es muy variable, compuesta principalmente por celulosa, lignina, hemilcelulosa y, entre 5 a 10%, de otros materiales. Estos porcentajes varían de acuerdo a la especie, tiempo de vida del árbol, lugar de crecimiento, entre otros factores.

Para poder aprovechar las fibras celulósicas, que son la materia prima para la fabricación de papel, se busca eliminar o retirar la lignina presente en la madera, que

actúa como cemento y mantiene unidas las fibras de celulosa impidiendo que ocurra una buena formación de la hoja y que se obtenga un papel de buena calidad.

Es importante resaltar los efectos negativos que sobre el medio ambiente genera la industria papelera, tales como contaminación atmosférica, desechos sólidos y sistemas de efluentes.

Con esta investigación se busca abarcar el problema de la contaminación causado por la fabricación de papel a partir de madera y examinar el rendimiento de una fibra de fácil consecución como el Fique, la cual se considera una fuente alternativa o no convencional de fibra para la producción de papel.

## ¿Por qué fabricar papel artesanal a partir de Fique?

El papel a través de los años ha sido uno de los productos más utilizados por la humanidad, esta demanda ha ocasionado fuertes impactos ambientales generados por los residuos y la producción en masa, que afectan día

tras día el bienestar del planeta. Las principales materias primas de este proceso son el agua y la madera como fuente de fibra.

El Fique es una de las plantas más representativas del país, se cultiva en diversas zonas y departamentos de la geografía nacional como Cauca, Santander, Antioquia y Nariño. Su uso ha sido de gran importancia en diferentes generaciones dedicadas a la extracción de Cabuya, que se considera como una fibra natural de gran resistencia que puede ser usada como material de amarre o en la elaboración de sacos para el almacenamiento de materiales sólidos de granulometrías específicas.

El tiempo de crecimiento de esta planta es mucho menor comparado con el tiempo necesario para obtener un árbol como pino o eucalipto apto para la producción de pulpa. Este punto da un valor agregado al proceso a partir del Fique, de índole económico y ambiental. Respecto a lo económico, la gran disminución del tiempo de cultivo implica una reducción en el costo de labranza, además en la etapa de recolección, no es necesaria maquinaria sofisticada para el corte, como sucede en el caso de la madera. El proceso de transporte de la materia prima a la planta es mucho más sencillo, debido a la facilidad en que las hojas de Fique son embaladas, ya que su densidad aparente en el transporte es mucho mayor por ser un material muy blando en comparación de la madera.

Por otra parte, el impacto a la biodiversidad que generan los cultivos agroforestales se minimizaría en las plantaciones de Fique, ya que la demanda de nutrientes provenientes del suelo de esta planta es mucho menos exigente que la requerida por árboles de gran tamaño como los sembrados por las empresas papeleras. Por ello los cultivos podrían desarrollarse en zonas distintas a las montañosas, que en algún momento fueron bosques vírgenes. Debido a que el Fique crece fácilmente en tierras secas y semiáridas.

Entre las características más interesantes que presenta la fibra del Fique, es que posee un color mucho más blanco, debido al bajo porcentaje de lignina que posee, por tanto se necesita una menor cantidad de reactivos en la etapa del blanqueo. Etapa que usualmente genera gran impacto ambiental debido a la formación de compuestos organoclorados como subproducto de este proceso. Además, es importante resaltar la resistencia de las fibras del fique, propiedad que bajo condiciones específicas puede ser transmitida a la hoja formada.

## Antecedentes

La fabricación del papel a mano es una tradición que empezó en China aproximadamente en el año 105 (DC). Tiempo después, al principio del siglo XIX, con la innovación de una máquina de hacer papel y la revolución industrial estos trabajos artesanales perdieron importancia en occidente. El uso de fibras naturales ha sido parte de la vida del hombre desde siempre para la elaboración de sus vestidos, su vivienda, para empacar sus pertenencias y sus productos agrícolas.

La Cabuya es la fibra natural colombiana por excelencia, proveniente de las hojas de Fique, el cual tiene su origen en la América tropical, en la región andina de Colombia y Venezuela. De ahí se ha difundido hacia la Costa Oriental de Brasil y a todas las Antillas. En Colombia se cultiva el Fique y extrae la Cabuya desde tiempos inmemorables para la fabricación de hamacas, redes, cuerdas, alpargatas, jigüeras, costales y enjalmas. Los cinco principales departamentos productores de Cabuya son el Cauca, Nariño, Antioquia, Santander y Boyacá, que representan el 99% de la superficie cosechada.

Existen en el país cuatro empresas transformadoras del Fique que constituyen el eslabón industrial de la cadena para la obtención de empaques, cordelería, felpas, entre otros productos. En el departamento de Antioquia está la Compañía de Empaques S.A. - CESA; en el Cauca Empaques del Cauca S.A. - EMPACA; en Santander Coohilados del Fonce Ltda e Hilanderías de Colombia en departamento de Nariño, la cual produce hilo y cordelería exclusivamente.

En 2002, en el pueblo de Barichara (Santander) surgió un proyecto de convertir el Fique, famoso por ser la materia prima de los costales, en la base de una obra de arte. Tras una visita del artista mexicano Juan Manuel de la Rosa, financiada por el Banco de la República a instancias de la Fundación San Lorenzo, los habitantes del pueblo aprendieron que esa palma utilizada por ellos para producir artesanías podría convertirse en papel artesanal de muy buena calidad. Desde ese momento, un grupo de artesanos de Barichara elabora un papel que sirve de soporte para obras que se han expuesto en galerías de Colombia, Venezuela, México y España.

Además, es importante resaltar que en la región que comprende el Cauca y Valle del Cauca se encuentran ubicadas importantes empresas dedicadas a la elaboración de papel industrial, tales como: Smurfit Kappa Cartón

de Colombia, Propal S.A, Cartones América, Papeles del Cauca. Estas empresas fabrican pulpa y papel a partir de madera y bagazo.

## Metodología

### Pruebas preliminares

Las variables que se consideraron durante las pruebas preliminares fueron: Concentración inicial de pulpa (masa pulpa/masa agua), tiempo de retención en pila (minutos), reactivos 1 o 2 (1:CMC y 2:CaCO<sub>3</sub>), tiempo retención en licuadora (minutos). Se establecieron los rangos de operación para estas variables evaluando su efecto sobre la calidad del papel. Para realizar las corridas experimentales se tomaron 2 kg de fibra de Fique seca y se realizó un cuarteo hasta obtener 10 muestras de 100 gr. cada una, que fueron empleadas en las pruebas preliminares. Cada muestra se dispuso en recipientes cerrados individuales. Los reactivos a utilizar, CMC y CaCO<sub>3</sub>, se dispusieron en cantidades suficientes para la realización de todas las pruebas y se almacenaron bajo condiciones indicadas para cada uno de ellos.

Los datos se procesaron de forma cualitativa con los resultados de cada una de las pruebas, con el fin de establecer los rangos de operación del diseño experimental que se planteó en la siguiente etapa de la investigación. Las pruebas se realizaron variando en cada corrida sólo una de las variables incidentes, dejando fijas las otras variables como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones y resultados de pruebas preliminares (Fuente propia)

Corrida	Concentración pulpa inicial (p/p)	TRP (min) <sup>1</sup>	Tipo de reactivo <sup>2</sup>	TRL(min) <sup>3</sup>	Calidad del papel
1	0.2	30	3	15	Deficiente
2	0.3	30	3	15	Deficiente
3	0.4	30	3	15	Aceptable
4	0.3	20	3	15	Deficiente
5	0.3	30	3	15	Aceptable
6	0.3	40	3	15	Aceptable
7	0.3	30	1	15	Aceptable
8	0.3	30	2	15	Aceptable
9	0.3	30	3	15	Aceptable
10	0.3	30	3	5	Deficiente
11	0.3	30	3	15	Aceptable
12	0.3	30	3	25	Aceptable

<sup>1</sup> Tiempo retención pila holandesa. <sup>2</sup> 1: CMC; 2:CaCO<sub>2</sub>; 3: Mezcla. <sup>3</sup> Tiempo retención licuadora.

Se emplearon los dos reactivos puros (CaCO<sub>3</sub> y CMC), concentraciones de pulpa de 30 y 40%, tiempos de retención en la licuadora de 15 y 25 minutos y tiempos de retención en la pila holandesa de 30 y 40 minutos.

Bajo dichas condiciones se asegura la obtención de un papel de buena calidad en términos de consistencia, tensión y rasgado, condiciones necesarias para la optimización planteada en las etapas próximas a ejecutar del presente proyecto.

### Corridas experimentales

Inicialmente se realizaron los tratamientos con el factor TRL donde se escogió la mejor condición. A partir de este dato se realizaron los tratamientos variando el factor CI identificando el mejor resultado. Por último se manipuló el factor TRP obteniendo así las condiciones óptimas para cada uno de los factores, este procedimiento se realizó con replicas para agregar confiabilidad a las observaciones realizadas. La variable de respuesta es la calidad final del papel que representa consistencia, rasgado, opacidad y tensión. Al final se tuvieron 18 corridas (9 del diseño y sus respectivas réplicas).

Durante las pruebas se obtuvieron resultados aceptables en 12 de las 18 pruebas realizadas. Los mejores resultados se obtuvieron empleando una concentración de pulpa del 40%. A concentraciones menores, el papel no tuvo una adecuada formación y su consistencia fue deficiente. En cuanto a los tiempos de retención en los dos equipos analizados (Pila holandesa y licuadora) se estableció que pueden obtenerse buenos resultados en los niveles medios del estudio.

Tabla 2. Resultados aceptables en 12 de 18 pruebas (Fuente propia).

Corrida	Licuadaora	Mezcla	Residencia	Observación	Observación réplica
1	3	-	-	Deficiente	Aceptable
2	6	-	-	Buena	Aceptable
3	9	-	-	Aceptable	Deficiente
4	6	0.2	-	Deficiente	Deficiente
5	6	0.3	-	Deficiente	Aceptable
6	6	0.4	-	Buena	Buena
7	6	0.4	5	Aceptable	Aceptable
8	6	0.4	10	Buena	Buena
9	6	0.4	15	Deficiente	Aceptable

Durante las pruebas se obtuvieron resultados aceptables en 12 de las 18 pruebas realizadas

En cuanto a los tiempos de retención en los dos equipos analizados (Pila holandesa y licuadora) se estableció que pueden obtenerse buenos resultados en los niveles medios del estudio. del proceso, pues se puede producir papel a partir de Fique con tiempos de retención de 6 y 10 minutos en la licuadora y la pila holandesa respectivamente. Por medio de pruebas preliminares se logró disminuir el tiempo de residencia en la licuadora de 15 minutos a un rango entre 3 y 6.

Los mejores resultados se obtuvieron empleando una concentración de pulpa del 40%. A concentraciones menores el papel no tuvo una adecuada formación y su consistencia fue deficiente. En cuanto a los tiempos de retención en los dos equipos analizados (Pila holandesa y licuadora) se estableció que pueden obtenerse buenos resultados en los niveles medios del estudio.

Esto resulta conveniente desde el punto de vista económico del proceso, pues se puede producir papel a partir de Fique con tiempos de retención de 6 y 10 minutos en la licuadora y la pila holandesa respectivamente. Por medio de pruebas preliminares se logró disminuir el tiempo de residencia en la licuadora de 15 minutos a un rango entre 3 y 6.

## Conclusiones

- Las pruebas arrojaron un valor de optimización a partir de pruebas preliminares en las que se vario un factor a la vez.

- Es factible fabricar papel artesanal a partir de Fique como fuente de fibra, considerando la incidencia de las variables de operación y calidad en el papel producido.

- Bajo dichas condiciones se asegura la obtención de un papel de buena calidad en términos de consistencia, tensión y rasgado, condiciones necesarias para la optimización planteada en las etapas próximas a ejecutar del presente proyecto.

- Este tipo de proyectos acompañados por estudiantes sirven para desarrollar competencias en investigación, fortaleciendo de esta forma sus habilidades.

## Bibliografía

Casey, J. "Pulpa y Papel: química y tecnología química". México: Limusa, 1991. Volumen 2, páginas 137-198. Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen 8(2), Marzo de 2007 Aguilar et al. Extracción de fibras no leñosas Rev. Iberoamer. Polím., 8(2), 89-98 (2007) 98.

Casey, J. "Pulpa y Papel: química y tecnología química". México: Limusa, 1990. volumen 1, páginas 30-71, 200, 603-645.

Casey, J. "Pulpa y Papel: química y tecnología química". México: Limusa, 1991. v.3, p. 119-284, 301-336.

CELULOSA [online]. <URL: <http://www.papelnet.cl/celulosa/que-es-cel.htm>> Abril 2011.

FUNDACIÓN ECOLÓGICA Y DESARROLLO.o <URL: <http://www.ecodes.org/lifepapel/html/info/index.htm>>

FOLIA PAPEL HECHO A MANO [online]. México 2003 <URL: <http://www.prodigyweb.net.mx/ecar/folia.htm>> Abril 2011.

- George, A. "Manual de procesos químicos en la industria". 5ª edición, Bogotá, McGraw-Hill, 1988. v.3, pag. 719.
- Instituto Ecuatoriano De Normalización. Papeles y cartones. Determinación del pH de un extracto acuoso. Quito : INEN, 1986. : il (INEN 1418)
- Instituto Ecuatoriano De Normalización. Papeles y cartones. Determinación de la humedad. Quito: INEN, 1986. : il (INEN 1397)
- Kirk, R. y Othmer, D. "Enciclopedia de tecnología química". México: Hispano-Americana, 1962. v.8, p. 138.
- Mejía, E. "Producción de pulpa y papel artesanal de totora" en 3er Congreso Internacional y 2º Encuentro Nacional de Artesanos. (8: 2003: Ibarra).
- Neuman, G. "Manual para la elaboración de papel hecho a mano a partir de fibras naturales". Guayaquil: Banco Central del Ecuador, 1994. pag. 2-42
- Neuman, G. "Fibras papeleras en el arte: experiencias en el Ecuador". Quito, 2000. pag. 1-13.
- Papel Hecho En Barichara: <http://www.colarte.com/colarte/cons pintores.asp?idartista=13324> Abril 2011
- Technical Association Of The Pulp And Paper Industry. Papeles y cartones. número de Kappa en pulpa. México: TAPPI, 1993. : il (TAPPI T 236 cm-85)
- Technical Association Of The Pulp And Paper Industry. Bursting strength of paper. TAPPI 1963. : il (TAPPI T 403 ts-63)
- Toale, B. "The Art of papermaking". Worcester, Massachusetts: Davis publications, 1983.