

Determinación de la concentración óptima de hidróxido de sodio para la obtención de papel y sus propiedades fisicomecánicas, a partir del raquis del racimo de plátano (*Mussa paradisiaca*)

Determination of the optimal concentration of sodium hydroxide to obtain paper and its physicomecanical properties, from the rachis of the banana cluster (*Mussa paradisiaca*)

Christiaan Errol Moreno Rios¹ y Edgardo García Saavedra²

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNU. E-mail: christiaanmoreno1@gmail.com

² Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNU. E-mail: garcia_se73@hotmail.com

Resumen

En la presente investigación se destaca la importancia de aplicar los procesos químicos y termo mecánicos, para la obtención de celulosa y su posterior conversión a papel, utilizando distintas concentraciones de Hidróxido de sodio. El papel obtenido mediante el mejor tratamiento investigado está constituido por una lámina delgada cuyas características son las siguientes: color blanco crema, con un porcentaje de celulosa de 22.8 %, un gramaje de 86 g/m², un espesor de 0.060 mm, una capacidad de absorción de 74.03 %, con 4.5 % de humedad, con 3.19 % de cenizas y una Tensión a la rotura de 0.1433 kg/15 mm, el cual demuestra que está dentro de los límites establecidos según las normas de calidad TAPPI T para ser considerado como un papel de exportación.

Palabras clave: Raquis, análisis fisicomecánicos, concentración óptima, fibra, papel.

Abstract

In the present research the importance of applying the chemical and thermochemical processes to the cellulose extraction and its subsequent conversion to paper, using different concentrations of sodium hydroxide, is emphasized. The paper obtained by the best treatment investigated consists of a thin film whose characteristics are the following: white cream color, with a percentage of cellulose of 22.8%, a weight of 86 g / m², a thickness of 0.060 microns, a capacity of absorption of 74.03%, with 4.5% humidity, with 3.19% of ash and a tensile strength of 0.1433 kg / 15 mm, which shows that it is within the limits established according to TAPPI quality standards T - UNE 57 048 to be considered as an export paper.

KEYWORDS: Raquis, physicomecanical analysis, optimum concentration, fiber, paper.

Introducción

El plátano (*Mussa paradisiaca*) es uno de los productos agrícolas más utilizados en nuestra amazonia peruana, lamentablemente cerca del 95% de los residuos que se generan del plátano no son aprovechados eficientemente por el productor, ya que su producción la enfoca en la comercialización

o como opción alimenticia para el hogar generando desechos orgánicos (raquis) que por sus grandes volúmenes ocupan grandes espacios y por efecto de la putrefacción se crea gases que contaminan el ambiente.

Elaborar papel a partir del raquis del racimo de plátano, permitió conocer la concentración de Hidróxido de Sodio



adecuada para obtener un papel de buenas cualidades con características fisicomecánicas aceptables según la norma internacional TAPPI T.

Este trabajo de investigación comprende dos partes, la primera es la elaboración de papel con seis concentraciones diferentes de Hidróxido de Sodio y tres repeticiones por tratamiento; en la segunda parte se evaluaron sus respectivos análisis fisicomecánicos a cada una de las muestras en estudio, lo que permitió determinar el mejor tratamiento respecto a sus cualidades fisicomecánicas obtenidos.

El Raquis del racimo de plátano es parte de la estructura del eje floral (racimo del fruto e inflorescencia), está cubierta de finos pelos verdes en la parte externa. En el interior está formado por parénquima, rico en almidón, recorrido por canales de látex y en su estructura está formado por haces fibrovasculares o finos distribuidos por todo el tallo. Tan pronto cesa de tener sostén del Pseudotallo, el raquis se inclina hacia abajo por el peso de la inflorescencia (León, 1989) Cuiyu et al. (2006), afirma que la celulosa es un polisacárido natural lineal, constituyendo el biopolímero más abundante y renovable, con una gran variedad de aplicaciones útiles. Sin embargo, la química de la celulosa en general es difícil ya que este polímero natural no es fundible ni soluble en disolventes comunes debido a sus puentes de

hidrógeno y estructura cristalina. Las propiedades físicas de la celulosa pueden ser modificadas de manera significativa por derivatización.

El tamaño de las fibras para la fabricación de papel tiene una importancia significativa para la calidad del mismo, el tamaño de fibra está relacionado con el tipo de material vegetal que se va a tratar. Las fibras de celulosa, con relación a su configuración, pueden variar según su longitud, diámetro global y espesor de sus paredes. Relativamente a la calidad de la pasta que se desea obtener, la dimensión de la fibra es una característica muy importante, fácilmente relacionada con la resistencia del papel. Aparece así una diferencia entre pastas de fibra larga y pastas de fibra corta. La fibra larga está asociada a las maderas de coníferas y la fibra corta a las maderas de frondosas en materiales leñosos. De acuerdo con el tamaño de fibra se puede concluir que es necesario identificar el tamaño de fibra para conocer la calidad del producto final (Pochteca, 2001).

García (2007), manifiesta que el papel es una delgada hoja elaborada con pasta de fibras vegetales que son molidas, blanqueadas, desleídas en agua, secadas y endurecidas posteriormente; a la pulpa de celulosa, normalmente, se le añaden sustancias como el polipropileno o el polietileno con el fin de proporcionar diversas características. Las



fibras están aglutinadas mediante enlaces por puente de hidrógeno. También se denomina papel, hoja o folio a su forma más común como lámina delgada. La evaluación físico mecánica es utilizada para la determinación de las propiedades y características físicas que tiene el papel elaborado a partir del raquis de plátano, como la longitud de la fibra, su composición fibrosa y sus resistencias físicas.

Rivera et al. (2008), manifiestan que el papel es una estructura obtenida con base a fibras vegetales de celulosa, las cuales se entrecruzan formando una hoja resistente y flexible. Los análisis realizados para los análisis fisicomecánicos de gramaje, porcentaje de humedad, contenidos de cenizas, espesor, porcentaje de adsorción, tensión a la rotura y porcentaje de celulosa fueron evaluados mediante la norma TAPPI T.

El Hidróxido de Sodio es un sólido blanco e industrialmente se utiliza como disolución. Es soluble en agua, desprendiéndose calor. Absorbe humedad y dióxido de carbono del aire y es corrosivo de metales y tejidos. Es usado, en síntesis, en el tratamiento de celulosa para hacer rayón y celofán, en la elaboración de plásticos, jabones y otros productos de limpieza, entre otros usos. Se obtiene, principalmente por electrólisis de cloruro de sodio, por reacción de hidróxido de calcio y carbonato de sodio y al tratar

sodio metálico con vapor de agua a bajas temperaturas (UNAM, 2016).

La industria papelera en Perú, para el INEI en 1999, indica que el Producto Bruto Interno (PBI) es favorecido, gracias al involucramiento de mayor producción de parte de la industria papelera. Este sector contribuye con el 5.5% del PBI del Sector manufacturero y el 0.8% del PBI total y, además, aporta unos US\$ 431 millones de los US\$ 7,824 millones, generados por el sector manufacturero. Asimismo, en el 2006 este sector tuvo una ponderación de 3.4% dentro del sector manufacturero y aportó 0.4% al crecimiento del sector.

El análisis de la demanda de papel Según Fernández (2008), indica que la industria de la celulosa y del papel se dedica a la conversión de fibras, en general procedentes de la madera, en celulosa y, a partir de ella dependiendo del tipo de madera, en una amplia gama de productos como el papel, los materiales de envase y embalaje, etc. En un número creciente de países, la industria de la celulosa y del papel es uno de los mayores sectores de fabricación y exportación, al representar hasta entre 2 y 3,5% del PBI. La fabricación de productos de papel se caracteriza a menudo por la existencia de empresas pequeñas y la utilización de una tecnología tradicional, mientras que la elaboración de la celulosa y el papel está



dominada por empresas muy grandes y de alto nivel tecnológico.

Por estos motivos, el presente trabajo de investigación pretende determinar la concentración óptima de hidróxido de sodio para la obtención de papel y sus propiedades fisicomecánicas, a partir del raquis del racimo de plátano (*Mussa paradisiaca*)

Metodología

Los raquis del racimo de plátano fueron recolectados en el fundo Romeo y Julieta, ubicado en el distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali. La elaboración del papel se realizó en los interiores del laboratorio de transformación de química forestal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, otros laboratorios utilizados para realizar los análisis fisicomecánicos fueron el laboratorio especializado de Ingeniería Agroindustrial y el laboratorio de Química, las mismas que se encuentran en la Universidad Nacional de Ucayali ubicado en la Carretera Federico Basadre Km 6.2 distrito de Calería, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali.

Para el trabajo de investigación se ha utilizado Raquis de plátano, agua, agua destilada y agua des ionizada, Hipoclorito sódico, hidróxido de Sodio (NaOH), etanol y ácido Nítrico Concentrado. Vasos de

precipitación de 50 ml y 1000 ml, probeta de 50 ml, menajes de cocina (tabla de picar, colador, ollas, cuchillo) y materiales de plástico volumétrico. Estufa de +30 °C a +300 °C (modelo Memmert 75), licuadora 2HP/1472 W (modelo LAR-15), digestor (XIANYANG TEST), lavadora – secadora (sheet-fornig equipment), PH metro, espectrofotómetro UV (marca TURNER, modelo 390), horno de + 20 °C a + 350 °C (modelo TERLAB TEH-350), mufla de capacidad máxima de 800 °C, micrómetro de 0-2.6mm, micro pipeta de 0 a 100 µm (marca BOECO).

La metodología que se utilizó para el trabajo de investigación de describe seguidamente:

1. Análisis en el raquis del racimo de plátano.

Se determinó la celulosa por el método de Kurschner y Hoffer.

Se determinó el porcentaje de humedad según la norma TAPPI T 412 om-94.

2. Elaboración de papel del raquis de plátano.

Recepción de la materia prima: Se evaluaron aspectos como: estado fresco, tamaño uniforme. La selección se realizó en forma manual y se eliminó los raquis que estén en estado de senescencia.

Descortezado: se procedió a eliminar la corteza del material vegetal, con cortes longitudinales, pues ésta no contiene una cantidad aprovechable de celulosa.



Trozado: consistió en obtener fragmentos del raquis de plátano con el fin de facilitar la pérdida de humedad por acción del calor.

Secado: Se secó en una estufa a 65 °C, por un lapso de 24 horas.

Digestor: La operación consistió en introducir 1000 g de raquis seco, en seis concentraciones de hidróxido de sodio más agua, en un digestor a 165 °C por un tiempo de 2 horas a una velocidad de agitación constante, las concentraciones de hidróxido de sodio utilizadas fueron las siguientes:

- T1: Hidróxido de sodio al 1%.
- T2: Hidróxido de sodio al 2%.
- T3: Hidróxido de sodio al 3%.
- T4: Hidróxido de sodio al 4%.
- T5: Hidróxido de sodio al 5%.
- T6: Hidróxido de sodio al 6%.

Lavado: El lavado de la pasta celulósica se realizó utilizando lavados continuos con agua corriente.

Blanqueado: Se lavó la pasta utilizando como agente blanqueador Hipoclorito de Sodio al 3.7 %. La concentración el blanqueador elegido no ocasionara daños en la pasta celulósica y a su vez otorgara un color más claro (Callapa 2011).

Lavado: El lavado de la pasta celulósica se realizó utilizando lavados continuos con agua corriente.

Triturado: Se redujo el tamaño del sólido utilizando una licuadora de 1472 W de potencia.

Preformado: se realizó utilizando la técnica de la malla continua, esta técnica además de aglomerar las fibras y formar a la pasta celulósica permitió eliminar el agua presente en la fibra.

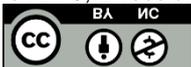
Laminado: esta operación permitió reducir el espesor de la hoja por medio de la compresión ejercida por un rodillo, otorgando uniformidad a la superficie del papel; también permitió eliminar la humedad de la hoja para reducir el tiempo de prensado.

Prensado: esta operación permitió transferir la humedad del papel a una prensa metálica a una temperatura de 80 °C, mediante elementos de sujeción.

Secado: esta operación se realizó a temperatura ambiente por un periodo de 48 horas. Además, permitió que el papel alcance la humedad de equilibrio evitando que la hoja se arquee u ondule en los bordes.

3. Análisis Fisicomecánicos realizados al papel a partir del raquis de plátano.

- Determinación de gramaje (norma TAPPI – 410 om-98).
- Determinación del porcentaje de Humedad (TAPPI T 412 om-94).
- Determinación del contenido de cenizas (TAPPI T221 om-93).



- Determinación del espesor (norma TAPPI- 411 om-97).
- Determinación porcentaje de adsorción (norma TAPPI T – 441).
- Determinación de la tensión a la rotura (norma TAPPI T – 494).
- Determinación del porcentaje de celulosa (TAPPI T 17 m – 55).

Para determinar la concentración óptima de hidróxido de sodio, se observó las respuestas obtenidas sobre características fisicomecánicas. Los resultados obtenidos, fueron analizados en un software estadístico Minitad 16.

Resultados y discusiones

A. Determinación del porcentaje de celulosa y humedad del raquis.

En la tabla 1 se muestra los resultados del porcentaje de celulosa y humedad encontrado en cada una de las muestras del raquis de plátano.

Tabla 1
Porcentaje de celulosa y humedad en raquis del racimo de plátano

Muestra	Celulosa (%)	Humedad (%)
M 1	31,7	92,39
M 2	31,8	92,32
M 3	31,7	92,25
M 4	32,1	92,29
M 5	31,9	92,36
M 6	32,2	92,37

Media	31,9	92,33
-------	------	-------

Observando la tabla 1, se demuestra una media general de 31,9 % para el porcentaje de celulosa y de 92,33 % para el porcentaje de humedad.

Para el porcentaje de celulosa, Guarnizo y Martínez (2011), en Colombia, reporta un porcentaje de celulosa de 32,6 % en raquis de plátano, esta pequeña diferencia puede ser debido al tipo de suelo, clima y procedencia de la muestra.

Para el porcentaje de humedad, Callapa (2011), en Bolivia, menciona un 93,4 % de humedad en raquis de plátano.

B. Determinación de la concentración óptima de hidróxido de sodio en el papel.

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos las características fisicomecánicas Determinándose que el porcentaje de Hidróxido de Sodio que mejor comportamiento ha tenido para la, extracción del contenido celulósico del papel elaborado, determinándose que el tratamiento 5 al 5 % obtuvo mejores resultados como la cantidad de celulosa obtenida (22,8 %), capacidad de absorción del papel (74,03 %), y tensión a la rotura del papel (0,1433 kg/15 mm) (Tabla 3).



Tabla 2

Determinación de la concentración óptima de hidróxido de sodio en el papel.

Tratamientos	NaOH (%)	Gramaje (g/m ²)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Espesor (micras)	Absorción (%)	Tensión la Rotura (kgf/15 mm)	Celulosa (%)
T1	1 %	87 a	3,4 a	2,37 a	0,058 a	54,36 c	0,097 c	16,2 c
T2	2 %	87 a	3,5 a	2,97 a	0,060 a	54,81 c	0,105 bc	16,9 bc
T3	3 %	84 a	4,5 a	3,18 a	0,057 a	57,98 bc	0,105 bc	17,2 bc
T4	4 %	85 a	3,8 a	3,23 a	0,059 a	62,25 b	0,105 bc	18,5 b
T5	5 %	86 a	4,5 a	3,19 a	0,060 a	74,03 a	0,143 a	22,8 a
T6	6 %	88 a	4,2 a	2,74 a	0,062 a	62,67 b	0,117 b	17,3 bc



El promedio de gramaje no presenta diferencias entre las concentraciones de Hidroxido de Sodio estudiados para la elaboración de papel. De acuerdo a lo establecido por Navarro y Sagrista (1972), las hojas de papel obtenidas en la presente investigación, están dentro del rango establecido entre 9-150 g/m².

Para el porcentaje de humedad y espesor de las muestras de papel y no se muestran diferencias significativas entre los tratamientos d Hidróxido de Sodio estudiados.

Para el porcentaje de absorción del papel elaborado a partir del raquis del plátano se observan diferencia significativa entre los tratamientos de concentraciones de Hidroxido de Sodio estudiados, en los cuales, el tratamiento con 5% de Hidróxido de Sodio, presento el mejor promedio de absorción, mostrando diferencias significativas con respecto a los tratamiento con 6% y 4% de Hidróxido de Sodio, los cuales no mostraron diferencias significativas entre ellos, y tampoco mostraron diferencias significativas con respecto a los tratamientos con 3%, 2% y 1%.

Con respecto a la tensión a la rotura del papel elaborado a partir del raquis del plátano, se observar diferencia significativa entre tratamientos de Hidróxido de Sodio estudiados, en los cuales, el tratamiento con 5% de Hidróxido de Sodio, presento el mejor promedio

de tensión a la rotura del papel, mostrando diferencias significativas con respecto al tratamiento con 6% de Hidróxido de Sodio, el cual no mostró diferencias significativas con respecto a los tratamientos con 4%, 3%, 2% y 1%. Juacida et al. (2002). En su trabajo de investigación Composición química, obtención de pulpa kraft y su evaluación papelera en castaño, ciprés y encino. Indica que los papeles formados con fibras largas resultan más resistentes a la tensión a la rotura que los papeles formados con fibras cortas.

En cuanto al porcentaje de celulosa del papel elaborado a partir del raquis del plátano, se puede observar que si existe diferencia significativa entre tratamientos de Hidróxido de Sodio estudiados, en los cuales, el tratamiento con 5% de Hidróxido de Sodio, presento el mejor promedio de celulosa, mostrando diferencias significativas con respecto al tratamiento con 6% de Hidróxido de Sodio, el cual no mostró diferencias significativas con respecto a los tratamientos con 4%, 3%, 2% y 1%.

Conclusiones

La concentración óptima de hidróxido de sodio utilizado en la elaboración de papel a partir del raquis de plátano es de 5% en peso/peso ya que ofrece las mejores condiciones respecto a la



absorción (74,03 %), tensión a la rotura (0,1433 kgf/15mm) y el porcentaje del contenido celulósico (22,8%) en comparación a las demás tratamientos en estudio.

Todos los valores obtenidos del gramaje, humedad, espesor y cenizas del papel elaborado se encuentran dentro de los parámetros recomendados por la norma TAPPI T.

Referencia bibliográfica

- Callapa, M.. (2011). Obtención de papel a partir de los residuos de la cosecha del banano. Trabajo de Grado. Escuela Militar de Ingeniería. Mariscal. Antonio José De Sucre. La Paz, Bolivia.
- Cuiyu, Y.; Jianbo, L.; Qun, X.; Qi, P.; Yabei, L.; Xinyuan, S. (2006). Chemical modification of cotton cellulose in supercritical carbon dioxide: synthesis and characterization of cellulose carbamate. *Rev. Carbohydrate polymers*, 67: 147-154.
- Fernández, E. (2008). Estudio de pre factibilidad para la producción y comercialización de papel a partir de Eucalipto. Trabajo espacial de grado. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- García, J. (2007). *Fibras Papeleras*. Barcelona. Ediciones UPC.
- Guarnizo, A., Martínez, P. (2011). Estudio de la hidrolisis acida del raquis de banano, química. Universidad Quindio. Colombia.
- INEI.(1999).https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicacione_digitales/Est/Lib1173/cap12/cap12.pdf
- Juacida, R; Rodríguez, S; Torres, M. (2002). Composición química, obtención de pulpa kraft y su evaluación papelera en castaño, ciprés y encino. *Rev. Bosque* 23 (1), 125-130.
- Leon, J. (1989). *Fundamentos Botánicos de los Cultivos Tropicales*, Tomo II, Ed. IICA, Costa Rica.
- Navarro Sagrista J. (1972). *Ensayos físico químicos del papel*. Editorial Marfil. Madrid, España. NORMA NMX-C152.ONNICCE.
- Pochteca (2011), <http://www.pochteca.com.mx/>
- Rivera K., Martínez., Quintana G., Velásquez J., (2008). Obtención de lignosulfonatos a partir de los residuos del cultivo del plátano. *Revista Investigaciones Aplicadas No.1*, Publicada en línea por la Universidad Pontificia Bolivariana, pp.1-6.



Tappi. (1989) Tappi test methods, Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Atlanta, Georgia. USA.

UNAM

(2016):<https://quimica.unam.mx/wpcontent/uploads/2016/12/2hsnaoh.pdf>

