PINZOTE de *Musa balbisiana* y *Musa acuminata* como Fuente de Fibras para Papel

José Turrado, Alma R. Saucedo, Rubén Sanjuán y Belkis Sulbaran

Universidad de Guadalajara, Departamento de Madera, Celulosa y Papel “Ing. Karl Augustin Grellmann”, Km. 15.5 carretera Guadalajara - Nogales. 45200 Zapopan, Jalisco-México
(e-mail: jturrado@dmcp.cucei.udg.mx)

Resumen

Este trabajo presenta una alternativa de uso industrial del pinzote (centro leñoso del racimo de banano) como fuente de fibra para la estructuración de papel. El pinzote se considera residuo agroindustrial en los países productores de banano, material que representa el 2.8 % del racimo en la variedad de *Musa balbisiana* y el 4.4 % en la de *Musa acuminata*. Por sus características similares a la del bagazo caña de azúcar, se utilizó un proceso químico similar al empleado para obtener fibras a partir de este material. El proceso de obtención de fibras se llevó a cabo de acuerdo a un diseño experimental factorial, diseño que permite relacionar variables las independientes (tiempo de cocción, concentración de reactivo) en cuatro niveles con variables independientes (rendimiento, consumo de reactivos, rechazo y lignina residual). El pinzote de *Musa acuminata* requiere menor temperatura y reactivo para liberar las fibras con respecto al pinzote de *Musa balbisiana*. Por lo tanto, el rendimiento en fibra para *Musa acuminata* es mayor al de *Musa balbisiana*.

Palabras claves: pinzote, lignina, tiempo de cocción, Musa acuminata, Musa balbisiana

RACHIS of *Muse balbisiana* and *Muse acuminata* as Source of Fibers for Paper Structure

Abstract

This work presents an alternative of industrial use of the banana rachis (the woody center of the cluster of bananas), as source of fibers for the structure of paper. Banana rachis is considered to be an agroindustrial residue in producing countries of banana it represents 2.8 % of the cluster of *Muse balbisiana* and 4.4 % of the cluster of *Muse acuminata*. The physical and chemical structure of the rachis is almost similar to that of the sugar cane so a chemical process similar to that employed to obtain fibers from the sugar bagasse cane was used. An experimental factorial design that allows the correlation of independent variables (cooking time, reagent concentration) in four levels with response parameters (yield, reagents consumption, rejects and residual lignin) was adopted. The rachis of *Muse acuminata* needs lower temperature and less reagent consumption to liberate fibers in comparison with the rachis of *Muse balbisiana*. Therefore yield of the fibbers from *Musa acuminata* is major than that of the fibbers from *Musa balbisiana*.

Keywords: banana rachis, lignin, cooking time, Muse acuminata, Muse balbisiana

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de papel integra fibras vegetales provenientes de plantaciones forestales industriales, recursos forestales naturales, reciclado de papel, residuos de producción agrícola y plantas anuales. La producción agrícola es una de las principales fuentes de generación de residuos agroindustriales; por ejemplo, uno de los retos que enfrentan los países productores de banano es la eliminación de los residuos orgánicos originados en la producción, selección y empaque del fruto. Residuo de este proceso es el pinzote, éste se localiza en los centros de acopio de la producción bananera. El pinzote es la fracción de la planta de banano que soporta el conjunto de bananos y esta constituido por fibras lignocelulósicas, de características semileñosa objeto de estudio del presente trabajo para la obtención de fibras.

La producción de banano es uno de los cultivos más importantes en la agricultura ya que la producción mundial alcanza 32,8x10⁶ tm (Velásquez y Giraldo, 2001). En cuanto a frutas tropicales ocupa el primer lugar, éste es considerado como fruta básica en la alimentación, debido a su bajo precio, rico sabor, disponibilidad todo el año, variedad en platillos y su valor nutritivo en potasio, hierro y vitamina K. Este es un insumo importante a nivel mundial alcanzando un consumo per capita de 15,5 kg/p/año. El mercado internacional (FAO, 2005), absorbe sólo el 1,2 % de la producción mundial Tabla 1. Los principales importadores de banano son: Estados Unidos 33 %, la Comunidad Económica Europea, 26 % y Japón 8 %, los cuales representan el 67 % de la demanda mundial de éste producto.

Tabla 1: Importadores de banano.

País	Importación 2004, %
Estados Unidos	33
Comunidad Económica Europea	26
Japón	8
China	4
Ex URSS	5
América Latina	4
Cercano Oriente	6
Otros	14

Gallo et al. (1972), reportan que al finalizar la colecta de la fruta, el grupo Cavendish puede generar 8 t/ha de pseudotallo, 4,7 t/ha de hojas y 0,7 t/ha de pinzote, Fig. 1. En general, las distintas especies y variedades de banano se diferencian por su tamaño, la disposición y dimensiones de las hojas, la forma y tamaño de los frutos, pero principalmente por la conformación del racimo de bananos. Blanco (2002), ha realizado estudios sobre la participación de pinzote en el racimo de la variedad *Musa acuminata*, donde éste representa el 4,4 % en peso y para la variedad *Musa balbisiana* representa el 2,8 %.

Fig. 1: Componentes de la planta de banano.

De acuerdo a datos reportados por Aparecida et al. (2001), respecto al pinzote y a los datos reportados por Vaz (2007), sobre el bagazo de caña, el pinzote presenta gran similitud en su composición química, tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Composición química en base seca del pinzote en comparación con bagazo de caña.

Componentes	Pinzote [Aparecida]	Bagazo [Vaz]
Extraíbles totales, %	44,6	25,0
Lignina, %	7,4	19,5
Holocelulosa, %	47,6	46,6

Sin embargo es importante considerar que aun siendo de la misma familia el pinzote de *Musa balbisiana* y el de *Musa auminata* presentan características químicas y estructurales diferentes. Por ello ambas muestras se trataron en forma separada con procedimiento similar al utilizado en la obtención de fibra a partir de bagazo de caña (Canché-Escamilla et al., 2005). El proceso de obtención de fibras se realiza de acuerdo a un diseño experimental factorial (Montgomery, 2001), en donde las variables a controlar son: concentración de reactivo y tiempo de cocción. De la cocción se desprende que el material de estudio de *Musa balbisiana* demanda mayor temperatura y concentración de reactivos que el de *Musa acuminata* para liberar fibras, las fibras provenientes de ambas materias objeto de estudio muestran tener longitud media mayor a la de las plantas anuales tradicionalmente utilizadas para la obtención de fibras para papel.

MATERIALES Y METODOS

Los racimos de bananos se colectan en las plantaciones y se conducen a los centros de acopio, donde se lleva a cabo la selección de las pencas de banano permaneciendo el pinzote como residuo de éste proceso, mientras que el pseudotallo permanece en las plantaciones convirtiéndose en residuo agrícola. En el marco del presente estudio se trabaja el pinzote de *Musa balbisiana* y de *Musa acuminata*, recolectado en centros de acopio comerciales.

Fig. 2: A) Pinzote de *Musa acuminata* y B) *Musa balbisiana*

La Fig. 2, muestra la diferencia en tamaño entre el pinzote de *Musa balbisiana* y el de *Musa acuminata*; aunque el fruto de la *Musa balbisiana* es más grande su pinzote es más pequeño.

La presencia de elementos fibrilares en la estructura del pinzote se muestra en la Fig. 3. Las imágenes que corresponden a corte perpendicular del pinzote, en la imagen de la izquierda se observa la concentración de haces fibrovasculares en la periferia de la estructura del pinzote, mientras que en la imagen de la derecha con mayor detalle se observan haces fibrovasculares, vasos del fuste, fibras y parénquima, imagen que confirma la distribución de elementos fibrilares y vasos en la estructura del pinzote lo que genera la similitud con caña de azúcar.

En función de la presencia de elementos fibrilares se analizó la composición estructural del pinzote para determinar su factibilidad en la liberación de fibras. Las diferencias entre el pinzote de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* repercuten en los procesos de obtención de fibra y como consecuencia sobre las propiedades del producto terminado, por lo cual ambas materias primas se transforman en

objetos de estudio del presente trabajo. Ambas materias primas se cortaron en fracciones pequeñas para facilitar la eliminación de humedad hasta 11,2 % a condiciones ambientales, así como la penetración de reactivos durante la cocción.

Fig. 3: Elementos fibrilares del pinzote

Las fracciones provenientes de ambas materias primas se trataron con un procedimiento similar al utilizado para la obtención de fibra a partir de bagazo de caña. El proceso de obtención de fibras se realiza con sosa, a temperatura de 170 °C, variando la concentración de reactivo y el tiempo de cocción. Para lograr este objetivo se elaboró un diseño experimental factorial de dos factores con cuatro niveles 4². Cuatro concentraciones de reactivo, % (14, 16, 18 y 20) y cuatro tiempos de cocción, min. (40, 60, 80, 100), para cada uno de los diferentes tipos de material de estudio.

El licor de cocción se analizó utilizando el método potenciométrico (pH), el consumo de reactivo (% en base seca) se calculó por diferencia entre sosa aplicada y sosa residual. La lignina residual se determinó como No. de Kappa de acuerdo a T 236 om – 99 (TAPPI, 2005). Las fibras obtenidas al final del proceso de cocción se liberaron mediante un proceso de lavado en el depurador utilizando ranuras de 0,15 mm, cuantificando el material aceptado y rechazado. Al material aceptado se evaluó mediante Fiber Quality Analyzer (T-271 om-02).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores reportados sobre las características analizadas de las materias primas de estudio se muestran en la tabla 3 en donde resalta la diferencia en longitud y peso húmedo, así como en contenido de α-celulosa entre el pinzote de *Musa balbisiana* y *Musa acuminata*.

Tabla 3: Características morfológicas y químicas de *Musa balbisiana* y *Musa acuminata*

Parámetro	Pinzote	
	<i>Musa balbisiana</i>	<i>Musa acuminata</i>
Longitud (m)	0,70	1,25
Humedad (%)	92,32	93,73
Peso Húmedo (kg)	1,262	2,434
Lignina (%)	13.09	12.87
α-celulosa, (%)	38.13	40.21
Holocelulosa, (%)	74.87	75.27

Los resultados de los experimentos desarrollados a 170 °C para ambas materias primas muestran la materia prima de *Musa balbisiana* genera mayor rendimiento que la *Musa acuminata*, la fibra proveniente de este ultimo material se degrada a esta temperatura.

Partiendo de la experimentación de 14/40 con bajo consumo de sosa y fibra degradada en forma especial éste material se sometió a una nueva experimentación modificando la temperatura a 120 °C y la aplicación de sosa, % (6, 8, 10 y 12) conservando los tiempos de cocción. Esta experimentación condujo a menor degradación de la fibra, mayor consumo de sosa y mayor rendimiento, 28,2 % con 10 % de sosa y 60 min de cocción.

Tabla 4: Datos seleccionados del diseño experimental para *Musa balbisiana* y *Musa acuminata*

Pinzote	Sosa/Tiempo de cocción	T, °C	Rendimiento, %	Rechazo, %	Consumo de sosa, %
<i>Musa balbisiana</i>	14/40	170	22,67	1,6	80,0
	16/60		22,76	1,28	92,34
	18/80		23,67	1,92	85,90
	20/100		22,41	2,0	72,00
<i>Musa acuminata</i>	14/40	170	20,93	1,55	74,38
	16/60		20,06	1,65	87,42
	18/80		19,14	1,6	71,08
	20/100		19,71	1,05	61,5

Tabla 5: Datos seleccionados del diseño experimental para *Musa acuminata* a 120 C

Pinzote	Sosa/Tiempo de cocción	T, °C	Rendimiento,%	Rechazo, %	Consumo de sosa, %
<i>Musa acuminata</i>	6/40	120	10,51	8,8	100
	8/60		21,81	8,1	100
	10/60		28,2	2,74	90,5
	10/80		26,75	8,15	100
	12/100		23,68	6,31	82,5

El ancho de las fibras generadas por el estudio de Análisis de Imagen muestran valores de ancho de fibra kraft de pino de 38 µm, espesor de pared de 20 µm, mientras que para fibras obtenida del pinzote de *Musa balbisiana* es de 35,0 µm de ancho y espesor de pared de 11,3 µm, y para las fibras de pinzote de *Musa acuminata* el ancho de fibra es 32,0 µm y espesor de pared de 8,5 µm.

Un estudio mas detallado de las fibras kraft de pino y la generada en el estudio se realiza con el Fiber Quality Analyzer T 271 om-02, los resultados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6: Longitud media de fibra de los materiales de estudio en comparación de pulpa kraft de pino.

Fibras	Longitud media de fibras, mm		
	Pino Kraft	Pulpa de <i>Musa acuminata</i>	Pulpa de <i>Musa balbisiana</i>
Longitud media total	2,080	0,342	0,591
Longitud media sin finos <200 m	2,438	1,485	1,735
Longitud media sin finos <100 m	3,500	3,051	2,651

El rendimiento de la ejecución de los diseños experimentales aplicados a las dos muestras de pinzote generaron resultados diferentes, especialmente en cuanto al consumo de sosa para alcanzar el mayor rendimiento en fibra bajo las condiciones establecidas, el pinzote de *Musa balbisiana* demando 16 % de consumo de sosa a 170 °C, generando fibras con un No. de Kappa de 6,97, mientras que el pinzote de *Musa acuminata* demando el 10 % de sosa y 120 °C con número de Kappa de 9,15, el concentrado de datos se encuentra en la Tabla 7.

La longitud media de la pulpa kraft de pino es de 2,08 mm registrando un delta considerable con la longitud media de la suspensión fibrosa proveniente de pinzote de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*, los cuales registran valores de 0,34 mm y 0,59 mm respectivamente. Mientras que al analizar fibras sin finos o medula en las dos muestras de estudio y en de la referencia de pulpa kraft de pino, se registran valores de longitud de 3,5 mm para ésta y de 3,05 mm para *Musa acuminata* y 2,65 mm para *Musa balbisiana*. Disminuyéndose el delta de diferencia de longitud cuando se considera la suspensión total de cada una de ellas y mostrando que la pulpa proveniente de los materiales de estudio no puede considerarse fibra corta.

Tabla 7: Condiciones de cocción y factores de respuesta de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*

Pinzote	Sosa, %	Tiempo de cocción, min	Rendimiento, % (Aceptado)	No. Kappa	Rechazo, %
<i>Musa acuminata</i>	10	60	28,2	9,15	2,74
<i>Musa balbisiana</i>	16	60	22,8	6,97	1,28

CONCLUSIONES

El largo de fibra de cada una de las materias primas es característica propia de cada una de ellas, así como su contenido de lignina, ya que demandan consumos de reactivo, temperatura y tiempos específicos para la liberación de fibras.

El rendimiento en fibra para cada uno de las materias primas utilizadas es de 28,5 % para *Musa acuminata* y 22,1 % para *Musa balbisiana*.

La longitud de fibra en el pinzote de *Musa balbisiana* (3,05 mm y ancho de 35.0 µm) es 14 % más corta que la longitud de las fibras de pino obtenidas mediante proceso kraft (3,5 mm y ancho de 35,0 µm) tomadas como referencia y las fibras obtenidas del pinzote del *Musa acuminata* tienen una longitud media de 2,65 mm y ancho de 32,0 µm, lo que equivale a una diferencia en lo largo del 24 % con la fibra de referencia.

REFERENCIAS

Aparecida, L.; *Produção de polpa celulósica a partir de engaço de bananeira*, Dissertação de Mestrado, Unidade Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Estado de São Paulo, Brasil (2001).

Blanco M.L.; *Use of fibers of banana “Nanicão” (Musa Grupo AAA, Giant Cavendish), Stem in the paper fabrication*, Memoria del Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel, TR057, São Paulo, Brasil (2002).

Canche-Escamilla, G., J.M. De Los Santos-Hernandez, S. Andrade-Canto y R. Gómez-Cruz; *Obtención de Celulosa a Partir de los Desechos Agrícolas del Banano*, Inf. Tecnol.: 16(1), 83-88 (2005).

FAO; *Banana Statistics 2005*, http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/192/es/BAN_STAT_06.pdf, Acceso: 12 de Febrero (2008).

Gallo, R., y otros seis autores; *Composição química inorgânica da bananeira (Musa acuminata), cultivar nanicão*. Ciência e Cultura, São Paulo: 24 (1), 70-79 (1972).

Montgomery, D.C.; *Diseño factorial 2^k, Diseño y Análisis de Experimentos*, edición en español, 367-369, editorial Iberoamericana S. A de C. V, México D. F., México (1991).

TAPPI (Technical Association for the worldwide Pulp, Paper, and converting Industry), ISBN: 1-930657-33-1, Numerical Index, T 236 om – 99, T 271 om-02 (2005).

Vaz, C.; Grupo Energia/Projeto Etanol (MCT/NIPE), ETANOL COMO COMBUSTIBLE. Producción de etanol. Hidrólisis de bagazo, proceso organosolv. Nuevos productos a partir de la caña de azúcar, UNICAMP, Campinas- SP (2007). Acceso: 10 de Marzo (2008).

Velásquez, J.A. y P.A. Giraldo; *Plátano (Gobernación de Antioquia), Posibilidades Competitivas de Productos Prioritarios de Antioquia frente a los Acuerdos de Integración y Nuevos Acuerdos Comerciales*, 15 de Agosto de 2001. http://www.antioquia.gov.co/organismos/scompetividad/doc_estudios/analisisdeposibilidadescompetitivasdeproductosprioritarios/cerdo.pdf. Acceso: 12 de Febrero (2008).