

Evaluación papelera del pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) en formulaciones con *Hevea brasiliensis*, *Eucalyptus urophylla* y *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Paper Evaluation of the Plantain Pseudostem (Musa paradisiaca) Hevea brasiliensis, Eucalyptus urophylla and Pinus caribaea var. hondurensis formulations

AMANDA SOSA,
JOHN RIVAS,
GLADYS MOGOLLÓN,
ILVANIA GUTIÉRREZ
y ANTONIO AGUILERA

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales,
Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Sección de Celulosa y Papel,
Mérida, Venezuela, Correos electronicos: gladysmb@ula.ve, ilgutie@ula.ve,
antonioa@ula.ve

Recibido: 15-07-09 / Aceptado: 09-05-10

Resumen

Hoy en día la industria platanera produce una gran cantidad de desechos debido a que de la planta sólo se aprovecha el fruto. El presente trabajo tiene como objetivo hacer propuestas efectivas orientadas a la utilización de los desechos de la industria platanera para la fabricación del papel, optimizando el proceso e incrementando el valor agregado del producto. La evaluación del pseudotallo de *Musa paradisiaca* como fuente de materia prima fibrosa no maderable en la fabricación de papel se hace a través de los estudios morfológicos de las fibras, análisis de su composición química, pulpeo semiquímico y propiedades físico mecánicas del papel, resultó ser un tipo ideal de fibra para la elaboración de productos que requieren alta resistencia como papeles para sacos y cartón. En este estudio también se analizaron las combinaciones de ésta pulpa con fibras de *Hevea brasiliensis*, *Eucalyptus urophylla* y *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, a diferentes proporciones (100%, 80%-20%, 60%-40%); determinando y evaluando las propiedades físico-mecánicas del papel obtenido de las mezclas. Los valores más altos de resistencia al estallido fueron los de las hojas elaboradas con las especies de *M. paradisiaca* y *H. brasiliensis* en una proporción de (60% - 40%), sin embargo, hay que destacar que los valores de resistencia al estallido de las mezclas resultaron mejores que las de *H. brasiliensis* 100%.

Palabras clave: evaluación papelera (morfología de fibra, composición química), pulpeo semiquímico, pseudotallo de plátano.

Abstract

Presently the plantain industry produces a great quantity of residuum due to the fact that we are taking advantage only of the fruit. The objective of this work is to submit effective proposals oriented to the use of the plantain industry remainders to produce paper, thus optimizing the process and thereby increasing the added value of this product. The evaluation of the pseudostem of the plantain (*Musa paradisiaca*), as a source of fibrous raw material, not timber, in paper production was done through morphological studies of the fibers, chemical composition analysis, semichemical pulpification and the evaluation of the physical mechanical properties of the paper obtained, resulting a fiber type ideal for the manufacturing of products that require high resistance, as do papers for sacks and bags. The combination of these pulps with indian rubber (*Hevea brasiliensis*), Eucalyptus (*Eucalyptus urophylla*) and Pine (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) at different proportions of (100%, 80%-20%, 60%-40%) were also analyzed in this study, determining and evaluating the physical-mechanical properties obtained from these mixtures the highest values of strenght and resistance to cracking were from the sheets made from the *M. paradisiaca* and *H. brasiliensis* species in 60%-40% proportion, however, the 100% *H. brasiliensis* made sheets rendered even better results resistance to cracking values from mixtures.

Key words: paper evaluation (fiber morphology, chemical composition), semichemical pulpification, plantain pseudostem.

1. Introducción

Es bien conocido que el papel y el cartón están constituidos básicamente por fibras celulósicas fundamentalmente de origen leñoso. Teóricamente, todas las plantas vegetales pueden utilizarse como fuente de fibras celulósicas en la fabricación de pasta y papel, aunque en la práctica, el número y variedad de las mismas es muy limitada (Casey, 1990; García, 1988). Para que una especie vegetal pueda considerarse apta como materia prima papelerera debe reunir varias condiciones relacionadas con su disponibilidad, los costos de fabricación, su contenido en fibras, la variedad en las propiedades y los tipos de fibras, su facilidad de almacenamiento, estabilidad de la materia prima y procesabilidad (Gutiérrez, 2004; Reyes, 2003).

No hay que olvidar, que la utilización de las fibras madereras data tan solo de mediados del siglo pasado y que la materia prima no maderera ha ocupado un lugar casi exclusivo como fuente de fibras durante decenios de la historia del papel (Villar y Amineke, 2000).

En la actualidad existe un renovado interés por la utilización de las plantas no maderables, y es indudable que estas mismas jugarán un papel creciente en la industria de pulpa y papel a nivel mundial (Peña y Aguilera, 2003). Por lo tanto, en la siguiente investigación se analizará el potencial papelerero que pueda tener el pseudotallo de plátano para suplir en cierta medida la materia prima maderera, determinándose las condiciones óptimas para el proceso de obtención de pulpa semiquímica mediante cocciones de prueba (Díaz, 2005). Se deberá analizar la pulpa de *M. paradisiaca* (Rendimiento, factor H, sólidos totales, álcali residual, número Kappa), así como poder demostrar su capacidad al combinarla con fibras de otras especies de tradición papelerera, determinando y evaluando sus propiedades físico-mecánicas.

2. Materiales y métodos

Se seleccionaron ocho (8) pseudotallos de *M. paradisiaca*, de los ocho (8), seis (6) fueron desmedulados y pasados por un molino de caña de azúcar para extraerle el alto contenido de agua que ellos poseen; los otros dos se utilizaron para el análisis

morfológico. Las pulpas de *Hevea brasiliensis*, *Eucalyptus urophylla* y *Pinus caribaea* var. *hondurensis* utilizadas para las mezclas fueron obtenidas en la Sección de Celulosa y Papel del LNPF-ULA-Mibam.

2.1 Análisis químico

2.1.1 Selección y preparación de la materia prima

Las muestras seleccionadas fueron convertidas en harina en un molino Wiley y luego tamizadas, tomando la retenida en el tamiz 60 según la norma TAPPI T 11 m. Se determinó el factor seco de la harina obtenida.

2.1.2 Determinación del porcentaje de extractivos

Se determinó por la norma TAPPI T 12.

2.1.3 Determinación del porcentaje de celulosa

Se determinó por la norma TAPPI T 17 m-55.

2.1.4 Determinación de lignina en la madera

Se determinó por la norma TAPPI T 13 os (TAPPI, 1998).

2.2 Análisis morfológico

2.2.1 Selección de la materia prima

Se seleccionaron dos (2) pseudotallos de *M. paradisiaca* y de cada uno se tomaron tres discos, extremo superior, otro en el medio y área basal, para un total de seis discos. Así mismo, se seleccionaron muestras al azar de los pseudotallos pasados por un molino de caña de azúcar.

2.2.2 Preparación de la materia prima

De cada disco se seleccionaron tres muestras: parte periferia, interna y media del disco para un total de 18 muestras por pseudotallo. De la materia prima pasada por el molino de caña de azúcar, se seleccionaron 10 muestras al azar.

2.2.3 Obtención de las fibras para el análisis morfológico

Las fibras fueron colocadas en solución de peróxido de hidrógeno y ácido acético (2:1), llevándolas a la estufa a 60°C por 12 horas. Luego se lavaron con abundante agua destilada. Después se individualizan las fibras y se colorean con safranina, dejándolas reposar por espacio de 24 horas (Zerpa, 2004).

2.2.4 Preparación de las láminas

Se procedió a la preparación de 3 láminas por muestra para un total de 54 láminas.

2.2.5 Medición de las fibras

Se midieron 25 fibras por lámina elaborada. Se hicieron mediciones de longitud (mm), diámetro externo y diámetro interno (micras).

2.2.6 Determinación de los índices morfológicos

Para evaluar la calidad de las fibras obtenidas se calcularon los siguientes índices morfológicos:

- Índice de afieltramiento (IA), indicando el grado de entrelazamiento de las fibras.
- Índice de flexibilidad (IF), indicando el grado de flexibilidad o posible unión entre fibras.- Fracción de pared (FP) e
- Índice de Runkel (IR), indicando si la celulosa es de buena o mala calidad.

2.3 Cocciones

2.3.1 Selección de condiciones de cocción

Se realizaron dos cocciones preliminares para establecer las condiciones y el proceso adecuado para producir pulpas semiquímicas de *M. paradisiaca*. Estas condiciones de cocción preliminares fueron: Materia prima: 250 g secos; Alkali Activo: 12%; Antraquinona (Aldrich): 0,05%; Tiempo a temperatura máxima: 1 hora; Velocidad de ascenso: 200 °C/hora.

2.3.2 Preparación de las pulpas

Se realizaron ocho (8) cocciones incluyendo las dos preliminares de la materia prima *M. paradisiaca*, pasando las astillas por el refinador (una vez con los discos a una distancia de 10 milésimas de pulgada y la segunda vez a una distancia de 5 milésimas de pulgada).

2.3.3 Determinaciones analíticas

Se determinó el factor de sequedad a cada una de las pulpas para realizar los siguientes ensayos:

- Rendimiento.
- Número Kappa (norma TAPPI T – 325 om 86).
- Sólidos totales (norma TAPPI – 650).
- Alkali residual (norma TAPPI T – 625).

2.3.4 Determinación del factor H

Después de realizada cada cocción se procedió a calcular el factor H. Al compararse dicho factor, las seis (6) cocciones resultaron ser réplicas, finalmente se mezclaron para obtener una sola pulpa (Lombardo y Padilla, 1998).

2.3.5 Elaboración de las hojas de ensayo

Para la realización de las hojas de ensayo no se realizó el refinado de la pulpa de *M. paradisiaca*, pero si para las pulpas de las otras especies. Las hojas de prueba se elaboraron según la norma TAPPI T-218 m-59, tomándose volúmenes equivalentes a un gramaje de 60 g/m².

2.3.6 Ensayos físicos-mecánicos

Las hojas elaboradas fueron sometidas a una serie de pruebas que se describen a continuación: Tensión a la rotura (norma TAPPI T-494). Rasgado (norma TAPPI-414). Estallido (norma TAPPI-403). Gramaje (norma TAPPI-410); Calibre (norma TAPPI-411 om-89).

3. Resultados y discusión

3.1 Composición química

Según los ensayos elaborados, se encontró que el contenido promedio de la celulosa es de 55,6525%, lignina 11,5832% y extractivos 9,5623%, valores parecidos al *P. caribaea* var. *hondurensis*, especie altamente utilizada en la fabricación de papel y cartón (Dávila, 2004), por lo que se puede inferir que el pseudotallo posee, de acuerdo a su composición química, buenas cualidades para la elaboración de pulpa (Cuadro 1).

La longitud promedio de las fibras del pseudotallo de *M. paradisiaca* es de 6,16 mm, antes de pasarse por el molino de caña de azúcar para ser desmedulado (pseudotallos número 1 y 2). Una vez procesados, las fibras de los pseudotallos 1 y 2 presentaron una longitud promedio de 4,66 mm, por lo que se ubica entre las especies de fibra larga. El diámetro externo promedio es de 3,73 μm y el diámetro interno promedio es de 2,52 μm de los pseudotallos 1 y 2. El diámetro externo promedio de las muestras tomadas al azar es de 3,03 μm y el interno es de 1,8 μm. Al calcular el espesor de pared

Cuadro 1. Comparación de los componentes químicos obtenidos en el pseudotallo de *Musa paradisiaca* con los del *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Promedio de la composición química	Celulosa (%)	Lignina (%)	Extractivos (%)
<i>Musa sp.</i>	55,6525	11,5832	9,5623
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> *	46,0500	29,2650	9,1280

*Fuente: Belandria y Vera (1985).

promedio de las fibras se obtuvo un valor de 0,60 y 0,61 respectivamente (Cuadro 2).

Según los índices obtenidos mostrados en el cuadro 3, las fibras de *M. paradisiaca* son extremadamente fieltante, debido a que se encuentran por encima del rango de 100. La posibilidad de unión entre ellas es mayor debido a que son flexibles, encontrándose en un rango superior a 50. La fracción de pared promedio es de 32,76 y 40,67, esto indica que las fibras son flexibles y aptas para la fabricación de papel.

El Índice de Runkel promedio es de 0,49 y 0,68, los cuales se encuentran por debajo de 1, que según la clasificación esta celulosa es de buena calidad para hacer papel. Las mediciones realizadas se compararon estadísticamente mediante un análisis de varianza a un nivel de probabilidad de 95% y se obtuvo una comparación a diferentes alturas del pseudotallo 1 y 2. En los valores de diámetro externo, diámetro interno y longitud de la fibra hay diferencia significativa y se puede observar el mayor promedio de longitud que es de 8,02 mm, del diámetro externo 4,72 μm y del diámetro interno 3,47 μm .

Al comparar la periferia, centro y médula en el disco a la misma altura en los pseudotallos 1 y 2, se observó que los valores del diámetro externo, diámetro interno y la longitud de la fibra son significativamente diferentes entre ellos, esto podría indicar que el crecimiento de las fibras no dependen del área del pseudotallo en la que se encuentra.

En las muestras al azar se apreció que la longitud de la fibra presenta una diferencia significativa y el mayor valor es de 5,63 mm, en el diámetro ex-

Cuadro 2. Resultados del análisis morfológico de *Musa paradisiaca*.

Nº	Individuos	L (mm)	D (μm)	d (μm)	IA	IF	e	FP	IR
1	Individuo 1 V1* periferia	4,65	2,95	1,72	157,80	58,47	0,61	41,52	0,71
2	Individuo 1 V1 medio	5,39	3,27	2,02	164,68	61,83	0,62	38,16	0,61
3	Individuo 1 V1 interno	5,09	3,17	1,92	160,48	60,62	0,62	39,37	0,64
4	Individuo 1 V2 periferia	5,26	3,27	2,25	160,79	68,70	0,51	31,29	0,45
5	Individuo 1 V2 medio	5,35	3,45	2,75	155,20	79,71	0,35	20,28	0,25
6	Individuo 1 V2 interno	5,98	4,72	3,47	126,61	73,54	0,62	26,45	0,35
7	Individuo 1 V3 periferia	4,44	4,55	3,22	177,59	70,87	0,66	29,12	0,41
8	Individuo 1 V3 medio	4,98	4,25	2,97	117,37	70,00	0,63	30,00	0,42
9	Individuo 1 V3 interno	5,74	4,70	3,42	122,18	72,87	0,63	27,12	0,37
10	Individuo 2 V1 periferia	6,83	3,15	1,90	217,04	60,31	0,62	39,68	0,65
11	Individuo 2 V1 medio	6,93	3,40	2,30	204,00	67,64	0,55	32,35	0,48
12	Individuo 2 V1 interno	6,92	3,50	2,25	197,86	64,28	0,62	35,71	0,55
13	Individuo 2 V2 periferia	8,02	3,87	2,62	207,18	67,74	0,62	32,25	0,47
14	Individuo 2 V2 medio	6,85	3,85	2,60	177,92	67,53	0,62	32,46	0,48
15	Individuo 2 V2 interno	7,33	4,05	2,80	181,23	69,13	0,62	30,86	0,44
16	Individuo 2 V3 periferia	6,24	3,35	2,07	186,43	61,94	0,63	38,05	0,61
17	Individuo 2 V3 medio	7,43	3,87	2,62	191,79	67,74	0,62	32,25	0,47
18	Individuo 2 V3 interno	7,37	3,82	2,57	192,71	67,32	0,62	32,67	0,48
	Promedio	6,16	3,73	2,52	167,73	67,23	0,60	32,76	0,49

*Donde: V1 = parte superior del pseudotallo; V2 = parte media del pseudotallo; V3 = parte basal del pseudotallo; L (mm) = longitud; D (micras) = diámetro externo; d (micras) = diámetro interno; IA = índice de afieltramiento; IF = índice de flexibilidad; e = espesor de pared; FP = fracción de pared; IR = Índice de Runkel.

Cuadro 3. Muestras escogidas al azar después de haber pasado el pseudotallo por el trapiche.

Muestra Número	*L (mm)	D (μ)	d (μ)	IA	IF	e	FP	IR
1	3,79	3,10	1,90	122,33	61,29	0,60	38,70	0,63
2	3,45	3,12	1,87	110,45	60,00	0,62	40,00	0,66
3	3,39	3,15	1,90	107,81	60,31	0,62	39,68	0,65
4	5,63	3,07	1,82	183,12	59,34	0,62	40,65	0,68
5	5,03	2,97	1,82	169,35	61,34	0,57	38,65	0,63
6	5,63	3,12	1,87	180,19	60,00	0,62	40,00	0,66
7	4,37	2,95	1,72	148,23	58,47	0,61	41,52	0,71
8	5,26	3,02	1,77	173,96	58,67	0,62	41,32	0,70
9	5,20	2,92	1,67	178,00	57,26	0,62	42,73	0,74
10	4,83	2,87	1,62	168,03	56,52	0,62	43,47	0,76
Total	46,6	30,32	180	1541,51	593,24	6,16	406,75	6,86
Promedio	4,66	3,032	1,80	154,15	59,32	0,61	40,75	0,68

*Donde: L (mm) = longitud; D (micras) = diámetro externo; d (micras) = diámetro interno; IA = índice de afieltramiento; IF = índice de flexibilidad; e = espesor de pared; FP = fracción de pared; IR = índice de Runkel.

terno y el diámetro interno no se encontró diferencia significativa.

Los índices morfológicos de los pseudotallos 1 y 2 poseen una diferencia significativa en el índice de afieltramiento, índice de flexibilidad, espesor de pared, fracción de pared e Índice de Runkel, los mayores valores fueron: IA= 217,04, IF= 79,71, e= 0,66, FP= 41,52 y IR= 0,71. Estos valores están repartidos en las diferentes secciones estudiadas.

Comparando los índices morfológicos de los pseudotallos 1, 2 y muestras al azar se encontró que hay una diferencia significativa, y los mayores valores son los siguientes: IA = 217,04, IF = 79,71, e = 0,66, FP = 43,47 e IR = 0,76. Estos valores están repartidos en las diferentes secciones estudiadas.

3.2 Cocciones

Preparación de las pulpas: se realizaron 6 cocciones después de saber las condiciones definitivas, las condiciones de cocción fueron las mismas de las condiciones de cocción preliminares: Materia prima: 250 g secos; Alkali Activo: 12%; Antraquinona: 0,05%; Tiempo a temperatura máxima: 1 hora; Velocidad de ascenso: 200°C/hora.

Los resultados promedios obtenidos del rendimiento y de los sólidos totales son los de una cocción química a pesar que las condiciones dadas

eran para una pulpa semiquímica (Fundacite Falcón, 1995). El número Kappa nos indica que el grado de deslignificación es el dado por una cocción del tipo química (Dávila, 2004, Cuadro 4).

3.3 Refino de pulpas

A las pulpas empleadas para realizar las mezclas se les aplicó refino con condiciones conocidas en otras investigaciones (Chacón, 2004; Márquez y Rivas, 2004) (Cuadro 5).

Las mezclas entre cada una de las pulpas utilizadas fueron las siguientes: 100% hojas testigo de cada especie; (50%-50%) entre plátano y cada especie a mezclar; (60%-40%) entre plátano y cada especie a mezclar y (viceversa); 80%-20% entre plátano y cada especie a mezclar y (viceversa).

Como se observa en el cuadro 6, las mejores proporciones de combinación fueron en primer lugar las de *M. paradisiaca* y *H. brasiliensis* (60% y 40%) por presentar un mejor índice de estallido que fue de 7,32 kPa.m²/g. En segundo lugar las *M. paradisiaca* - *H. brasiliensis* (80% - 20%) con 7,20 kPa.m²/g (Cuadro 6).

Debido a las altas resistencias que presentaron las hojas de prueba, fue necesario utilizar el equipo para cartón al realizar las pruebas de estallido (Cuadro 6).

Cuadro 4. Determinaciones analíticas de las cocciones

Cocción	Rendimiento (%)	Álcali Residual (g/L)	Sólidos Totales (%)	Número Kappa	Factor H
1	41,53	1,20	9,97	13,63	154,62
2	39,63	0,52	9,77	14,38	169,25
3	37,77	0,84	10,05	14,39	161,89
4	40,23	1,14	10,12	14,32	175,54
5	36,79	1,07	16,81	13,35	160,08
6	37,01	0,88	17,17	14,43	160,09
Promedio	38,83	0,94	12,32	14,08	163,59
Prueba	34,88	0,71	7,37	13,29	160,09

Cuadro 5. Condiciones de refino

Especie	Revoluciones (rpm)	Disgregado (rpm)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	10000	1200
<i>Hevea brasiliensis</i>	3000	1200
<i>Eucalyptus urophylla</i>	4000	1200
<i>Musa paradisiaca</i>	0	1200

Cuadro 6. Resultados de las pruebas de estallido.

Tipo de pulpa	Proporción de mezcla (%)					
	100	50-50	60-40	40-40	80-20	20-80
	Índice de Estallido (Kpa.m ² /g)					
Plátano	6,3					
Caucho	6,03					
Pino Caribe	3,96					
Eucalyptus	4,18					
Plátano - Caucho		6,57	7,32	5,76	7,2	5,75
Plátano - Pino caribe		5,99	6,32	5,7	6,25	5,84
Plátano - Eucalyptus		5,98	6,26	5,65	6,4	4,89

En cuanto a la propiedad de rasgado, la mejor proporción resultó la de 100% *M. paradisiaca* con un índice de rasgado de 39,05 grf.m²/g. En segundo lugar fue la proporción (40%- 60%) de *M. paradisiaca* - *H. brasiliensis* que tuvo un índice de rasgado 38,43 grf.m²/g.

4. Conclusiones

La pulpa obtenida del pseudotallo de *M. paradisiaca* y aquella que fue mezclada en distintas proporciones con *H. brasiliensis*, *E. urophylla* y *P. caribaea* var. *Hondurensis* son aptas para hacer papel.

Según los índices morfológicos nos encontramos con una fibra que es buena para fabricar papel ya que contiene celulosa de buena calidad, es flexible, con alta capacidad para absorber agua y

muy fieltrante (IA: 173,67), esto se pudo apreciar debido a la leve floculación que presentó la pulpa, especialmente aquella mezclada con la pulpa de *P. caribaea* var. *hondurensis*.

Mediante el análisis morfológico se comprobó que el pseudotallo de *M. paradisiaca* está compuesto por fibras muy largas, y de paredes muy finas; lo que le confiere a la pulpa una buena unión entre fibras.

No se aplicó el proceso de refinación a la pulpa de *M. paradisiaca* debido a que la pared celular de las fibras que la conforman es muy delgada, sólo fue sometida a un desfibrado suave.

El rendimiento promedio de la pulpa de *M. paradisiaca* fue de 38,83%.

El porcentaje de lignina residual promedio obtenido fue de 2,07% lo que nos indica un alto grado de deslignificación aunado a un bajo contenido de lignina en el pseudotallo de *M. paradisiaca*.

Los mayores valores de resistencia al estallido fueron los de las hojas elaboradas con pulpa de *M. paradisiaca* y *H. brasiliensis*, así mismo las de 100% *H. brasiliensis*; pero hay que destacar que los valores de las mezclas están por encima que el de la pulpa de *H. brasiliensis* solamente.

Debido a los altos índices de resistencia al estallido, rasgado y tensión que ofrecieron las hojas elaboradas con los distintos puntos de mezcla, podemos decir, que el uso adecuado de este tipo de pulpas es para la elaboración de papeles para sacos, cartón Liner, corrugado u otro tipo de producto en el cual se desee resistencia.

5. Referencias bibliográficas

BELANDRIA, M. y R. VERA. 1985. *Evaluación de las pulpas al sulfato y sulfato-antraquinona a partir del Pinus caribaea* var. *hondurensis* de la plantación Guayamure (10 años). Trabajo Especial de grado. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 108 p.

CASEY, J. 1990. *Pulpa y papel. Química y tecnología química*. Editorial Limusa. Volumen 1. México. 564 p.

CHACÓN, P. 2004. *Efecto del tamaño de las astillas de Pinus caribaea, Gmelina arborea y Eucalyptus spp, en las propiedades de resistencia de sus pulpas*. Trabajo Especial de grado. Escuela de Ingeniería Forestal,

Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 127 p.

DÁVILA, Y. 2004. *Determinación del porcentaje óptimo de sulfidez en el proceso de fabricación de pulpa de Pinus caribaea en la planta de Smurfit Mocarpel*. Trabajo Especial de grado. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 134 p.

DÍAZ, E. 2005. *Evaluación preliminar del potencial papelero del vástago de plátano (Musa sp.)*. Trabajo Especial de grado. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 156 p.

FUNDACITE FALCÓN. 1995. Fundación para el desarrollo de la ciencia y la tecnología para el estado Falcón. Agenda Agave. En línea: <http://www.funflc.org.ve/agavecocuy> [Consultado: 25/02/2005].

GARCÍA, J. 1993. *Constituyentes fibrosos de pastas y papeles*. Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, especializada en papelearía gráfica. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industriales, D.L. Universidad Politécnica de Catalunya. 1ª Edición. Barcelona, España. 198 p.

GUTIÉRREZ, G. 2004. *Obtención de pulpas APMP a partir de Pinus caribaea de plantaciones*. Trabajo Especial de grado. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 143 p.

LOMBARDO, C. y A. PADILLA. 2000. *Manual Teórico Práctico de Conversión Química de la Madera y Química Ambiental*. Universidad de Los Andes. Editorial Venezolana C.A. Primera Edición. Mérida, Venezuela. 52 p.

MÁRQUEZ, A. y O. Rivas. 2004. *Análisis morfológico y papelero de clones de Eucalyptus urograndis y semillas de la especie Eucalyptus urophylla*. Trabajo Especial de grado. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 197 p.

PEÑA, V. y A. AGUILERA. 2003. *Introducción a la fabricación de pulpa y papel*. Cenpapel. Colombia. 182 p.

REYES, E. 2003. *Uso alternativo del Kenaf como fuente de fibra larga en la fabricación de pulpa para papel en formulaciones con fibra de Pino Caribe*. Trabajo Especial de grado. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 159 p.

TAPPI, 1998. *Test and Pulp and Paper International*. Atlanta, Georgia 30348-5113. USA. 132 p.

VILLAR, J. y E. AMUNEKE. 2000. Utilización del Kenaf (*Hibiscus Cannabinus* L.) en la producción de los diferentes tipos de pasta. Memorias del Congreso Iberoamericano de Celulosa y Papel 2000. 18 al 20 Octubre de 2000. Iguazu, Misiones, Argentina.

ZERPA, J. 2004. *Potencial papelero del caucho (Hevea brasiliensis)*. Trabajo Especial de grado. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 205 p.