

CARACTERIZACIÓN DEL PINO CARIBE RESINADO PROVENIENTE DE PLANTACIONES

Gladys Mogollón¹, Antonio Aguilera², Ilvania Gutiérrez³

¹Prof. Titular, Jefe Depto. de Celulosa y Papel, Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. E-mail: gladysmb@forest.ula.ve

^{2,3}Departamento de Celulosa y Papel, Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Universidad de Los Andes. E-mail: antonioa@forest.ula.ve

RESUMEN

Se estudió la relación entre el proceso de resinación y la calidad de la pulpa elaborada a partir de árboles provenientes, de diferentes campañas de resinación de las plantaciones de Uverito en el Edo. Monagas, Venezuela. Se utilizaron cinco árboles por cada tratamiento, identificados de la siguiente manera: A = muestra testigo sin resinar (plantación 1974), B = muestra resinada con 4 años de campaña (plantación 1976), C = muestra resinada con 5 años de campaña (plantación 1973), D = muestra resinada con 7 años de campaña (plantación 1974). Los árboles fueron roleados, aserrados, astillados, estas últimas fueron sometidas a un proceso de cocción químico al sulfato con las siguientes condiciones de cocción; materia prima seca 500 g., álcali activo 18%, sulfidez 25%, hidromódulo 1:5, temperatura máxima 170 °C, tiempo a temperatura máxima 3 horas, velocidad de ascenso 300 °C/h, temperatura de descarga de gases 100 °C. A las pulpas obtenidas se le realizaron las determinaciones analíticas correspondientes (No. Hypo, sólidos totales, álcali residual), fueron posteriormente batidas en un PFI para luego elaborar hojas de mano de aproximadamente 60g/m², con la finalidad de determinar sus propiedades físico-mecánicas, se realizó un análisis químico de la madera (extractivos, holocelulosa y lignina) y un análisis morfológico de las fibras. A través de esta investigación se pudo observar que las propiedades de resistencia, rasgado, estallido y tensión, de las pulpas provenientes de árboles resinados, sí se ven afectadas por el proceso de resinación cuando se comparan con las pulpas testigo, es decir, sin resinar. Se pudo apreciar una estrecha relación entre la facilidad de deslignificación de la madera y el mayor número de años de campaña. La madera proveniente de árboles resinados muestra, en general, una buena actitud papelera, de acuerdo a los índices morfológicos determinados y al análisis químico realizado a la madera.

Palabras Clave: Resinación, pulpa, papel, No. Hypo, deslignificación.

ABSTRACT

One studied the relation between the process of resinación and the quality of the pulp elaborated from originating trees, of different campaigns from resinación of the plantations of Uverito in the Edo. Monagas, Venezuela. Five trees by each treatment were used, identified of the following way: = it shows witness without drawing resin from (plantation 1974), B = shows drawn resin from with 4 years of campaign (plantation 1976), C = shows drawn resin from with 5 years of campaign (plantation 1973), D = shows drawn resin from with 7 years of campaign (plantation 1974). The trees were roleados, sawed, chipped, these you complete were put under a chemical process of baking to sulphate with following conditions of baking; raw material drought 500 g., active alkali 18%, sulfidez 25%, hidromódulo 1:5, temperature Maxima 170 °C, time to Maxima temperature 3 hours, speed of ascent 300 °C/h, temperature of 100 gas unloading °C. To the obtained pulp the corresponding analytical determinations were made to him (no. Hypo, total solids, residual alkali), later were beaten in a PFI soon to elaborate leaves of hand of approximately 60g/m², with the purpose of determining their physical-mechanical properties, I am made a chemical analysis of the wood (extractive, holocelulosa and lignina) and a morphologic analysis of fibers. Through this investigation it was possible to be observed that the properties of resistance, torn, outbreak and tension, of the originating pulp of drawn resin from trees, yes are affected by the process of resinación when they compare with the pulp witness, that is to say, without drawing resin from. One narrow relation between the facility of deslignificación of the wood and the greater number of years of campaign could be appreciated. The originating wood of drawn resin from trees sample, ingeneral, a good attitude wastebasket, according to the determined morphologic indices and to the made chemical analysis to the wood.

Key words: Resinación, pulp, paper, no. Hypo, deslignificación.

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes árboles que producen exudaciones de distintos tipos, entre algunas de las especies más utilizadas en este campo son: *Pinus pinaster*, *Pinus alepensis*, *Pinus laricio*, *Pinus insignis*, *Pinus palustris*, *Pinus caribaea* var *hondurensis*, *Pinus canariensis*, *Pinus elliotti*; todas ellas producen resi-

na de goma. La resina en su estado natural, cuando todavía está en el árbol, es bastante fluida y corre por dentro del árbol a través de los canales resiníferos, los cuales se orientan vertical y radialmente dentro del árbol.

Las oleorresinas naturales son exudaciones brillantes de granos finos, que se producen en forma natural; presentan estructura amorfa, son insolubles en agua y en solventes inorgánicos, son más o menos solubles en algunos solventes orgánicos. Su proceso bioquímico de producción es tan complejo, que aún no se ha podido esclarecer claramente (Castro, 1987).

La resinación en pie o en vida persigue prolongar la vida de los árboles durante un tiempo variable que depende de su turno de ordenación y su vigor, a tal fin, que en lugar de abrir todas las caras de resinación al mismo tiempo, se abran sucesivamente con arreglos dimensionales fijos e invariables, intercalando además periodos de reposo (Castro, 1987).

La resinación moderna profesional consiste en desarrollar y aumentar la capacidad productora del árbol, practicando incisiones bien definidas a determinados intervalos, añadiéndoles algunos estimulante a dichas incisiones para evitar su coagulación y posterior taponamiento. Los productos derivados de la resina están formados por la combinación de un producto sólido llamado colofonia (material prima importante en la industria manufacturera de papel) y un producto líquido, volátil, denominado trementina o aguarrás vegetal (materia prima para barnices y pinturas).

Debido a la problemática que se ha presentado en la comercialización de la madera resultante del proceso de resinación, se ha hecho necesario el estudio de las características papeleras de las pulpas provenientes de estas maderas, principalmente, porque se ha detectado que la resinación produce un descenso en la velocidad de crecimiento del árbol, lo cual está relacionado con el ancho de la cara de resinación, es decir, que a mayor extensión de la cara, menor crecimiento, lo que se traduce en una madera quebradiza y difícil de aserrar (Castro, 1987). Estudios realizados han determinado que para evitar la pérdida de crecimiento, el ancho de la cara de resinación debe ser igual al diámetro del

árbol (Cybulko, 1984).

La madera resinada es más frágil y más dura, por lo que el aserrado se hace más difícil. En cuanto a las características mecánicas de la madera de pino, se ha observado que el pino resinado es más resistente a la compresión que el pino sin resinar (Cybulko, 1984).

La madera resinada puede ser usada, en un proceso químico al sulfato, sin temor a bajos rendimientos y sin modificaciones al proceso de cocción, sin embargo, por el proceso al bisulfito no es conveniente procesar madera resinada, debido a que el aumento de las resinas del árbol, como consecuencia del proceso, aumenta las dificultades que, de por sí, presentan las maderas resinosas en el proceso al bisulfito (Cybulko, 1984).

Finalmente, en este trabajo se estudió con detalle la relación existente entre el proceso de resinación y la pulpa obtenida de madera proveniente de árboles resinados, con la finalidad de determinar la influencia que tiene el proceso de resinación sobre la calidad de las pulpas obtenidas.

METODOLOGÍA

Se utilizaron cinco árboles por cada tratamiento; cuatro tratamientos en total, todos pertenecientes a la especie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Los árboles por cada tratamiento fueron identificados de la siguiente forma:

- A: muestra testigo sin resinar, plantación 1974.
- B: muestra resinada con cuatro años de campaña, plantación 1976.
- C: muestra resinada con cinco años de campaña, plantación 1973.
- D: muestra resinada con siete años de campaña, plantación 1974.

Preparación y acondicionamiento de la materia prima (Rolas):

Se obtuvieron trozas de 60 cm de longitud por cada rola perteneciente a cada árbol. Las trozas fueron aserradas longitudinalmente en una maquina recorredora en la sección de Aserrado y Labrado del Laboratorio Nacional de Productos Forestales. El astillado se llevo a cabo en una maquina astilladora marca Cartahage, la cual permitió uniformizar el tamaño de las astillas por medio de un tamiz vibratorio. Posteriormente las astillas fueron clasificadas por su espesor, se utilizo un tamiz clasificador de astillas TMI, constituido por mallas entrecruzadas. Luego de seleccionadas las astillas, fueron secadas al aire libre, con el fin de uniformizar el contenido de humedad, las astillas estuvieron expuestas al aire por espacio de 10 días, posteriormente fueron almacenadas en bolsas plásticas, previa identificación. Muestras de astillas fueron llevadas a la estufa a 100 °C de temperatura por 24 horas, para determinar su contenido de humedad o factor de sequedad.

Proceso de pulpeo:

Las condiciones del proceso de cocción al sulfato químico fueron las siguientes:

Materia prima seca: 500 gr.; álcali activo 18 %; sílfides 25 %; hidromódulo 1:5.; temperatura máxima 170 °C; tiempo a temperatura máxima 3 horas; velocidad ascenso 300 °C/h; autoclave: "M&K" N° A; temperatura de descarga de gases 100 °C; reactivos sulfuro de sodio (Na_2S) – hidróxido de sodio (Na OH).

Procedimiento para cocción:

Para cada cocción se emplearon 500 gr. de astillas secas, las cuales fueron introducidas al digestor, agregando hidróxido de sodio, sulfuro de sodio y el agua de acuerdo a la relación licor /madera especificada en las condiciones de cocción. Se tapa el digestor, se fijan las condiciones de cocción en el panel de control del equipo y posteriormente se toman los tiempos durante el ascenso de la temperatura cada 10 °C hasta alcanzar la temperatura máxima, luego se toman los tiempos de la temperatura al descenso de la misma con el fin de calcular el factor "H". Terminada la digestión se recoge el licor

negro, se identifica y se mantiene refrigerado para su posterior análisis.

Desfibrado:

Las astillas provenientes de la cocción pasan por un refinador Sprout Waldron, disco N° 17804-440C con abertura de ranuras de 10 milésimas de pulgada.

Tamizado;

Este proceso se lleva a cabo en un tamiz vibratorio plano, tipo Valey con plancha de metal y ranuras de 0,012 pulgadas, con el fin de hacer pasar las fibras, separándolas de los haces fibrosos gruesos, este ultimo denominado rechazo, que se recoge y se pesa para los calculos de rendimiento.

Batido:

El batido y/o refino es una operación en la cual las fibras se someten a un tratamiento mecánico controlado, con la finalidad de mejorar sus propiedades; para tal fin se uso el P.F.I, cuya capacidad es de 24 g secos de pulpa. Como una medida del grado de tratamiento mecánico (batido y/o refino) dado a la pulpa, se determino el escurrimiento para cada punto de batido según las normas Tappi – 227 utilizando el equipo Canadian Standard Frenes (C.S.F.).

Elaboración de las hojas de prueba:

Una vez batida la pulpa para cada punto escogido, se elaboraron hojas de prueba según norma Tappi 218m, tomándose volúmenes equivalentes a un gramaje de $60 \pm 2 \text{ g/m}^2$. Finalmente las hojas fueron prensadas y secadas en anillos metálicos a temperatura ambiente por espacio de 48 horas aproximadamente y almacenadas para posteriores ensayos de pruebas físico-mecánicas.

Determinaciones analíticas realizadas a las pulpas:

Álcali residual:

Indica la cantidad de gramos por litro de NaOH no consumidos o presentes en el licor negro, este se determino por la norma Tappi T-625.

Contenido de sólidos totales:

Se determinó siguiendo la norma Tappi T-625, el mismo esta relacionado con la cantidad de sólidos presentes en el licor negro.

Rendimiento de la pulpa:

Indica la cantidad en porcentaje de pulpa obtenida al final del proceso de cocción y tamizado, en relación a la cantidad de astillas utilizadas inicialmente.

Número Hypo:

Es un método aplicado en la determinación relativa de la dureza, blanqueabilidad o grado de deslignificación de la pulpa. Es usado en todo tipo de pulpas. El número Hypo está relacionado con el contenido de lignina en pulpas, es un método de estimación indirecto de la lignina residual, indica el

- Celulosa	(Norma TAPPI T 17m-55)
- Holocelulosa	(Norma TAPPI T 9m-54-became useful Method 249)
- Lignina	(Norma TAPPI T 13os-54-combined with T 222)
-Preparación de Madera Libre de Extractivos	(Norma TAPPI T 12m)
- Hemicelulosas	Diferencia de pesos entre Celulosa y Holocelulosa.

Análisis químico:

Se molieron y tamizaron aproximadamente 500 gr. de harina de madera, se hizo pasar por el tamiz 40 y se tomó la harina retenida en el tamiz 60. Luego se determinó su contenido de humedad para posteriormente tomar muestras suficientes de esta harina y se dejaron libres de extractivos, para hacer las determinaciones de celulosa, holocelulosa y lignina por los correspondientes métodos.

Estudio Morfológico de la Fibra:

Se montaran las laminas con las muestras de fibras y se realizaron las mediciones de longitud (mm), diámetro interno y externo (micras) de las fibras y con estos datos se calcularon el espesor de pared y se determinaron los índices de afieltramamiento, flexi-

número de gramos de cloro corregidos al 50% de consumo de cloro adicionado por 100 g de pulpa seca a ciertas condiciones, este valor se determinó según la norma Tappi T-235 om-86.

Propiedades físico mecánicas del papel:

Para efectuar las pruebas a las hojas, éstas fueron sometidas a un cuarto de acondicionamiento a $23 \pm 2^\circ \text{C}$ y $50 \pm 2\%$ de humedad relativa, durante 24 horas, además se emplearon 3 hojas para cada ensayo; a) Peso base según norma Tappi T-410. b) Calibre o espesor del papel según norma Tappi T-411. c) Resistencia al rasgado según norma Tappi T-414. d) Resistencia a la explosión según norma Tappi T-403. e) Resistencia a la tensión según norma Tappi T-494.

bilidad, Runkel y fracción de pared, las cuales se describen a continuación.

Índices Morfológicos:

Índice de Afieltramamiento: se define por la relación entre la longitud y el ancho de las fibras, algunos autores sostienen que esta relación no tiene apreciable efecto en las propiedades del papel.

Índice de Flexibilidad: es la relación existente entre el diámetro del lumen y ancho de la fibra en porcentaje. Cuanto mayor es esta relación más flexible se torna la fibra y por lo tanto existe mayor unión entre ellas, con esto se aumenta la resistencia al rasgado.

Índice de Runkel: se define como la relación entre dos veces el espesor de la pared y el diámetro del

lumen. Cuanto menor es la relación largo / ancho mayor es la flexibilidad de las fibras y mayor la posibilidad de producir papel de buena calidad. Cuando este índice es mayor que la unidad, las maderas no son susceptibles para la producción de papel de buena calidad.

Fracción de Pared: es la relación porcentual entre dos veces el espesor de la pared celular y el diámetro de la fibra. Generalmente, se admite que cuando la Fracción de Pared de un cierto tipo de mate-

rial fibroso es mayor de 40%, este no formará papel de cualidades satisfactorias, debido a que las fibras son extremadamente rígidas, poco flexibles y habrá dificultad de unión entre ellas.

Método estadístico:

Los datos experimentales fueron sometidos a un análisis de varianza a un nivel de probabilidad del 0.05 aplicando la prueba de Duncan para aquellas procedencias que resultaron con diferencias significativas, se determinó también coeficiente de variación.

Tabla 1. Análisis químico de las muestras estudiadas (A = testigo (árbol sin resinar), B = 4 años de campaña, C = 5 años de campaña D = 7 años de campaña)

Tratamientos	Celulosa %	Holocelulosa %	Hemicelulosa %	Lignina %	Extractivos %
A	47,82	67,40	19,58	28,80	2,17
B	48,35	67,98	19,63	28,55	3,39
C	48,13	66,77	18,64	30,52	3,58
D	47,93	65,89	17,96	30,18	4,76

Resultados y Discusión.

En la Tabla 1 se puede observar que existen pequeñas diferencias en el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, entre las muestras analizadas. En el contenido de extractivos, la diferencia es mayor, encontrándose el más alto porcentaje de estos en la muestra A (7 años de campaña) y el menor en la muestra testigo, lo que indica que a mayor resinación mayor cantidad de extractivos en la madera.

Tabla 2. Análisis morfológico de las muestras. (A = testigo (árbol sin resinar), B = 4 años de campaña, C = 5 años de campaña D = 7 años de campaña)

Tratamiento	Longitud (mm)	Diámetro (micras)	Espesor de pared (micras)
A	4,56	52,61	4,15
B	4,19	50,31	6,62
C	3,79	53,13	7,02
D	3,65	52,19	7,80

Tabla 3. Índices morfológicos de las muestras estudiadas. (A = testigo (árbol sin resinar), B = 4 años de campaña, C = 5 años de campaña D = 7 años de campaña), (IA = índice de afieltramiento, IF = índice de flexibilidad, FP = fracción de pared, IR = índice de Runkel)

<i>Tratamiento</i>	<i>IA</i>	<i>IF</i>	<i>FP</i>	<i>IR</i>
A	83,81	73,63	26,37	0,30
B	77,44	82,71	17,29	0,19
C	70,08	69,19	30,82	0,45
D	72,13	70,74	29,26	0,42

En el análisis morfológico (Tabla 2) se observa a la muestra testigo A con el mayor valor de longitud de fibra y el menor valor de espesor de pared. La longitud de la fibra es un factor determinante en la formación y resistencia del papel, por lo tanto, se puede observar que la resinación afecta el crecimiento de las fibras, ya que el menor valor de longitud se encuentra en la muestra D que es la que tiene el mayor tiempo de resinación (7 años de campaña).

Tabla 4. Análisis químico de las pulpas obtenidas con las muestras estudiadas. (A = testigo (árbol sin resinar), B = 4 años de campaña, C = 5 años de campaña D = 7 años de campaña)

Tratamiento	Factor H	Rendimiento (%)	Nº Hypo	Álcali Residual	Sólidos Totales
A	2825,52	48,99	10,76	6,57	11,49
B	2827,44	50,21	11,47	7,65	12,78
C	2830,29	48,79	8,80	6,21	13,28
D	2826,42	47,76	7,08	4,88	12,81

En los valores obtenidos para los índices morfológicos se observa que todas las muestras se encuentran entre los rangos de valores óptimos para hacer papel de buena calidad (Tabla 3).

En la Tabla 4 se observan los valores de las determinaciones analíticas realizadas a las pulpas, mostrando rendimientos característicos de las pulpas químicas. Los valores de número Hypo más bajos se observan en la muestra D (7 años de campaña) y los más altos en la muestra A (testigo – sin resinar), se muestra una relación entre la facilidad de deslignificación de la madera y el mayor número de años de campaña (7 años de campaña para este ensayo).

En la Tabla 5 se muestran los valores de las propiedades físico-mecánicas del papel, elaborado con las pulpas químicas obtenidas de las muestras de madera resinada, a 350 ml de escurrimiento en el Canadian Standard Freeness (CSF.). Se observa en la tabla 5 y el gráfico 1 que para el índice de rasgado el mayor valor se encuentra en la muestra testigo (A) hay una tendencia a la disminución del índice a medida que aumentan los años de campaña de resinación. Como la resistencia al rasgado es una propiedad que depen-

Tabla 5. Valores de las Propiedades Físico- mecánicas de las pulpas químicas a 350 ml de C. S. F. (A = testigo (árbol sin resinar), B = 4 años de campaña, C = 5 años de campaña D = 7 años de campaña).

Tratamiento	Índice de Rasgado (mNw.m ² /g)	Índice de Estallido (Kpa.m ² /g)	Índice de Tensión (Nw.m/g)
A	11,30	96,3	167,5
B	13,15	95,5	155,00
C	12,40	85,30	143,5
D	9,63	87,00	152,00

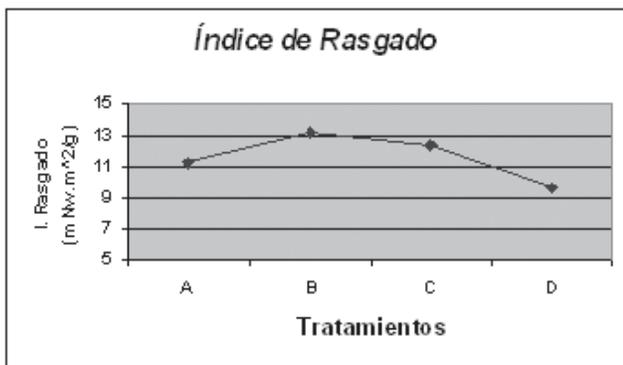


Gráfico 1. Índice de Rasgado (A = testigo (árbol sin resinar), B = 4 años de campaña, C = 5 años de campaña D = 7 años de campaña).

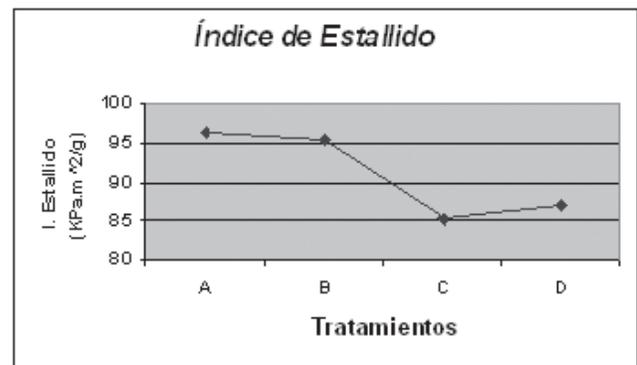


Gráfico 2. Índice de Estallido (A = testigo (árbol sin resinar), B = 4 años de campaña, C = 5 años de campaña D = 7 años de campaña).

de de la longitud de la fibra (enlaces fibra-fibra) y la resinación afecta el crecimiento del árbol, luego, la longitud de las fibras se ve afectada por los años de resinación a que fueron sometidas las muestras estudiadas, de aquí, estos resultados. En la tabla 5 y los gráficos 2 y 3 se observa los índice de tensión y estallido con los valores más altos en la muestra con 4 años de resinación (B), corroborándose el estudio preliminar realizado por los bachilleres Ramírez, M. y Páez, A. (1997) donde encontraron igual comportamiento de las muestras estudiadas para pulpas químicas y semi-químicas.

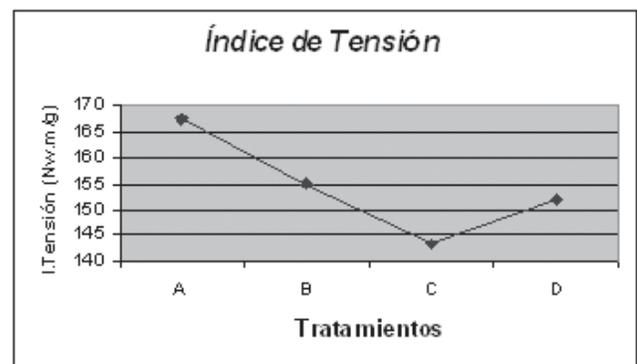


Gráfico 3. Índice de Tensión (A = testigo (árbol sin resinar), B = 4 años de campaña, C = 5 años de campaña D = 7 años de campaña).

CONCLUSIONES

Las propiedades físico-mecánicas del papel obtenido a partir de madera resinada, utilizada como materia prima, se ven afectadas. Los índices de rasgado y estallido de las pulpas químicas sin blanquear disminuyen y el índice de tensión aumenta, en comparación con la muestra testigo (madera sin resinar).

Se observó una fuerte relación entre la facilidad de deslignificación de la madera y el mayor número de años de campaña (7 años de resinación).

La resinación afecta el crecimiento de las fibras, encontrándose que las muestras sometidas a más años de resinación presentaron los menores valores de longitud de fibra y mayores valores de espesor de pared.

Según los índices morfológicos todas las muestras obtenidas, a pesar de haber sido sometidas a resinación, muestran buena aptitud papelera, por lo tanto, la madera resinada de pino caribe es apta para hacer papel, con una leve disminución de sus propiedades físico-mecánicas.

Las muestras con 4 años de campaña de resinación (tratamiento B), presentaron valores, de propiedades físico-mecánicas, ligeramente más altos que la muestra testigo (tratamiento A), comparadas con el resto de las muestras ensayadas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda, por lo tanto, utilizar pinos con 4 años de campaña de resinación, que pueden ser procesados, para la obtención de pulpas semi-químicas al sulfato con buenas propiedades paperas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casey, J. 1991. Pulpa y Papel Química y Tecnología. Vol. 2. Tercera Edición. Editorial Limusa. México. 580 pp.
- Castro, R. 1987. *Ensayos preliminares sobre resinación de Pinus caribaea var. hondurensis en el estado Monagas. Informe de Pasantía. Universidad de Los*

Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida. Venezuela. 83 pp.

Palazzi, F. 1986. *Características paperas de Pinus caribaea var. hondurensis de la plantación de Nirgua (estado Carabobo). Informe de pasantía. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida. Venezuela. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida. Venezuela. 92 pp.*

Pérez, L.; Prato, J.; Rondón, M. (1998). Tecnología del Papel. Universidad de los Andes, Mérida:120 – 127.

Rodríguez, J. (1970). Los controles en la fabricación del papel. Editorial Blume. España. 359 pp.

Rodríguez, L. (1978). Métodos de análisis empleados en la industria paperera. Colombia. 156 pp.

Smook, G. (1990). Manual para Técnicos de Pulpa y Papel. TAPPI PRESS, Atlanta, Georgia. 396 pp.

Tappi Test Methods, 1989. Fibrous materials and pulp and paper. Vol. 1. USA. 1500 pp.

Cybulko, T. (1984). Studies of the possibilities of increasing the content of resinous substances in scots pine trees treated with gramoxone. Pr. Inst. Technol Drewna. Chemical Abstracts 101: 229, 231 pp.