

Aprovechamiento del *Ricinus communis* L. por proceso a la sosa y su aplicación en la formulación de papel ondulado

Ricinus communis L. use by soda process and its application in the formulation of corrugated paper

JADELITH FONSECA JIMENES¹, TEOFILO ESCOTO GARCIA², MARÍA ESQUIVEL ROSALES², GLADYS MOGOLLÓN BRICEÑO¹, DANIEL CALDERÓN MENDOZA¹ e ILVANIA GUTIÉRREZ¹

¹ Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, E-mails: jadelith03@hotmail.com; calderond@ula.ve

² Universidad de Guadalajara, Departamento de Madera Celulosa y Papel.

Recibido: 07-07-08 / Aceptado: 10-11-09

Resumen

En este trabajo se obtuvo pulpa a partir de *Ricinus communis* L., por un proceso químico a la sosa; la pulpa obtenida se utilizó para formar papeles ondulados con gramajes de 103 a 111 g/m², se hicieron mezclas de *R. communis* con fibra reciclada mexicana (FRM) y fibra reciclada americana (FRA) en proporciones 75% *R. communis* 25% Fibra reciclada, 50% *R. communis* 50% fibra reciclada, 25% *R. communis* 75% fibra reciclada; además de los papeles 100% por cada tipo de fibra. Estos fueron sometidos a esfuerzos de compresión RCT, CCT y CMT, como indicadores de calidad del ondulado, tomando como referencia para el análisis los valores mínimos exigidos por el manual del Laboratorio Central de Smurfit Cartón de Venezuela (222,4 N CMT, 284,6 N RCT y 266,8 N CCT, para gramajes de 127 g/m²), y se evaluó por un modelo estadístico factorial 2^k, resultando no apta esta especie para ser utilizada en la formulación de papel ondulado en las proporciones evaluadas, pero sí como posible sustituto de fibras secundarias ya que los valores de resistencia del *R. communis* 100% son mayores que los papeles 100% fibras recicladas.

Palabras clave: papel ondulado, pulpa, reciclado, residuos agrícolas.

Abstract

This is a study in which pulp was obtained from a *Ricinus communis* L., soda chemical process, the obtained pulp was used to make corrugated paper with grammages from 103 to 111g/m² of *R. Communis*, Mexican recycled fiber and American recycled fiber, in *R. Communis* 75% - recycled fiber 25%, *R. Communis* 50% recycled fiber 50%, *R. Communis* 25% recycled fiber 75% proportions, besides the 100% of every fiber type. These papers were submitted to RCT, CCT and CMT compression stresses, as indicators of the corrugated quality, taken as the reference for the analysis the minimal values required by the Smurfit Cartón de Venezuela Central Laboratory manual (222.4 N CMT, 284.6 N RCT and 266.8 N CCT, this is for 127 g/m² grammages). The study was evaluated by means of a 2^k factor statistical model, resulting this species suitable to be used in the formulation of corrugated paper as a possible substitute of secondary fibers and as an excellent choice for an integrated management of this plant resource.

Key words: corrugated paper, cellulose, recycling, agricultural residues.

1. Introducción

El cartón corrugado es un material compuesto normalmente de tres capas, dos liners y una capa corrugada u ondulada; éste es utilizado en la fabricación de envases y embalajes, los cuales ofrecen una excelente opción para infinidad de productos que requieren ser protegidos y transportados (Escoto, 2004).

Según datos del International Corrugated Case Association (ICCA) publicados en el 2005, citado por AFCO (2006), la producción de América del Norte fue de 42.493.000 m² de cartón corrugado

a partir de fibras de coníferas, un 0,3% más que el año anterior. Por otro lado, la producción europea fue de 42.785.000 m², ligeramente superior a la de América del Norte, lo que coloca al mercado europeo como la segunda zona productora. Para el 2005 la producción mundial alcanzó los 156.754.000 m². Asia con una producción de 58.763.000 m² de cartón ondulado a partir de fibras de maderas y plantas tropicales representa un 39% de la producción mundial, por su parte América central y del Sur producen 8.485.000 m². De acuerdo a estas cifras, el cartón corrugado es un material altamente consumido en el mundo. Según el Instituto Nacional de

Estadísticas (2007), México se encuentra entre los principales países recolectores de fibras secundarias con un índice de recolección de 46% referido al volumen de recolección y al volumen del consumo aparente. Torres (1999) haciendo referencia al índice de utilización de fibra secundaria, indica que México ocupó el segundo lugar en el año 1998 con cerca del 80%, sólo superado por Dinamarca con 83%.

Las importaciones de los diferentes tipos de papeles indicados anteriormente han aumentado consistentemente sin excepción en la última década, y van desde una séptima parte del volumen de la producción nacional (cartoncillo), a una tercera parte (escritura e impresión), a dos terceras partes (periódico y libro de texto), hasta la totalidad de cartoncillo (Torres, 1999). Aún así, México tiene que recurrir a comprar fibras secundarias de América del norte para satisfacer la demanda de su sector papelerero. Por esta razón en esta investigación se pretende obtener pulpa de la especie *Ricinus communis* L. a partir de un proceso de pulpeo a la sosa para mezclarlo con fibra secundaria (cartón reciclado) y formar papel ondulado o médium. Éste estudio pretende contribuir en la diversificación de materia prima y disminuir la importación de fibra secundaria utilizada en la producción del papel médium u ondulado de México y aumentar las expectativas de manejo integral del *R. communis* que se proyecta como una excelente alternativa en la producción de biodiesel. Los valores de resistencia mecánica se le determinaron al papel obtenido y se compararon con los exigidos por el Laboratorio Central de Smurfit Cartón de Venezuela, utilizando como referencia el ondulado venezolano por ser de alta calidad.

Datos publicados por el Instituto Nacional de Ecología (2007), indican que en México no existen plantaciones forestales con fines industriales porque no ha existido una clara política forestal que en términos de esta industria, hubiera permitido disponer de esta materia prima dentro de un radio geográfico determinado, lo que reduciría costos de infraestructura y mantenimiento de caminos. De ahí que la industria se haya visto obligada a conseguir su materia prima en zonas lejanas y con frecuencia de muy difícil acceso, lo que incrementa los costos y reduce su competitividad al no disponer de esas plantaciones forestales técnicas, no se emplea madera de edad uniforme, lo que redundará

en la falta de homogeneidad en la calidad de papel, de aquí que México es considerado, como país consumidor de fibra secundaria.

Según Tornel (2004), México se encuentra entre los diez primeros países recolectores del mundo, con un índice de recolección de 46,7%, y entre los tres primeros países recicladores del mundo, con un índice de utilización de fibra secundaria de 78,6%, éstos datos, según los ecologistas son de una gran importancia; pero la fibra secundaria no siempre cumple con las demanda de cantidad y calidad, por tal motivo es necesario recurrir a otras fuentes fibrosas que permitan de alguna manera sustituir a la fibra secundaria o simplemente promover el uso de otras materias prima de origen no maderables como el *R. communis* que presenta una alternativa de plantaciones de rápido crecimiento.

Información actual indica que el aceite que se extrae del *R. communis* ya tiene un mercado internacional creciente, por sus aplicaciones excelentes para la producción del biodiesel. Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Colombiano (MADRC, 2006), para el 2020 se tiene proyectado producir 3.798.163 l/día de alcohol, el Gobierno Nacional Colombiano le apuntará a crear 2 millones de empleos rurales formales en los próximos 10 años alrededor del tema de los biocombustibles y la meta es llegar a un millón de hectáreas sembradas con caña de azúcar, remolacha y yuca, así como a 2 millones cultivadas con palma africana, jatropha e higuera. Según lo expresado Federación Nacional de Biocombustibles Colombiana citado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADRC, 2006), el *R. communis* produce 1320 l/ha siendo esta cifra mayor a la producida por el arroz, el girasol y la soja, lo que hace más atractivo esta especie para este uso por no ser fuente de alimento para el hombre. Lo anterior expuesto y los resultados obtenidos en este trabajo, son un buen indicador de que las plantaciones de *R. communis* representan una excelente alternativa para realizar un aprovechamiento integral.

Un manejo integral de plantaciones de *R. communis* se encuentra acorde a la exigencias de este nuevo siglo donde las materias primas alternativas de rápido crecimiento representan una posibilidad para la industria papelerera y una excelente oportunidad para que México incursione en el establecimiento de plantaciones con un manejo integral, donde los desechos agrícolas representa un firme

aliado para disminuir el impacto de las papeleras, tal como lo señalan Kissinger *et al.* (2007), quienes afirman que la utilización de residuos agrícolas en la producción de pasta de papel es un medio de aumentar la productividad económica de las tierras de cultivo y al mismo tiempo reducir la demanda sobre los bosques y el impacto ecológico.

2. Materiales y métodos

Este trabajo se divide en dos segmentos la fase 1 donde se procede a la obtención de pulpa a partir de *R. communis* y evaluación del proceso de pulpeo a la sosa, donde las cocciones fueron realizadas en reactores de acero inoxidable con una capacidad de 1000 ml. El calentamiento de los reactores se realizó en un digestor rotatorio tipo Jayme, con calentamiento eléctrico y una capacidad de 20 l de acuerdo a las condiciones de las cocciones establecidas en el cuadro 1.

La evaluación de las pulpas se basó en un conjunto de determinaciones como: rendimiento total, número kappa, rendimiento aceptado y rechazado; éstas fueron analizadas mediante un paquete estadístico denominado Statgrafic, donde se utilizó un diseño de dos niveles para las variables respuestas en función de las variables de proceso (reactivos, tiempo, temperatura y sus interacciones), los cuales indicaron el grado de influencia de cada variable en los tratamientos. Los tratamientos seleccionados fueron el 3 (T3), 7 (T7) y 8 (T8), los detalles pueden ser vistos en el cuadro 2.

La fase 2 consistió en el proceso de formulación de papel ondulado con las pulpas seleccionadas, de acuerdo a las condiciones expresadas en el cuadro 3. Las diferentes fibras secundarias se rasgaron manualmente en trozos pequeños y se colocaron en remojo durante dos horas, posteriormente se desintegraron en un disgregador por un tiempo de 5 min, luego se les determinó el grado de escurrimiento (Freeness CSF) y el contenido de humedad.

Cuadro 1. Condiciones de cocción del proceso a la sosa.

Carga de astillas de <i>Ricinus communis</i> base seca	130 g y 110g
Álcali Activo, respecto a la carga de material fibroso base seca	16 y 20%, NaOH
Relación: Licor/Madera	5/1
Temperaturas máximas de cocción	150 °C y 170
Tiempo a temperatura máxima	90 y 120 min
Tiempo para alcanzar las temperaturas máximas	90 - 100 min
Tiempo de enfriamiento a 150 y 120C	100 - 120 min

Cuadro 2. Resultados de los 8 niveles de pulpificación.

Tratamiento	Reactivo (%)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Kappa	RA	R	RT
T1	20	120	170	22,5	44,44	0,42	44,87
T2	20	90	170	25,88	43,15	0,49	43,65
T3	16	120	170	99,67	52,67	2,82	55,55
T4	16	90	170	95,88	49,24	6,09	55,33
T5	20	120	150	65,82	47,77	3,65	51,73
T6	20	90	150	80,49	48,37	5,15	53,53
T7	16	120	150	109,65	49,32	10,65	59,97
T8	16	90	150	124,30	47,10	10,62	57,73

RA = Rendimiento aceptado; R = Rechazos; RT = Rendimiento total.

Las pulpas seleccionadas fueron mezcladas con las distintas fibras secundarias para generar 9 mezclas, en proporciones variables expresadas en el cuadro 3 de aquí en adelante nos referiremos a las mezclas según el número expreso en el cuadro. Estos papeles fueron sometidos a esfuerzos de Compresión según las normas TAPPI (1996): Ring Crust Test (RCT, T-809), Concora Crust Test (CCT, T-818) y Concora Medium Test (CMT, T-824).

3. Resultados y discusión

Una vez seleccionado los tratamientos 3, 7 y 8 (T3, T7 y T8), en la fase 1 del trabajo, de acuerdo al estudio de las variables respuestas se concluyó que número kappa y rendimiento aceptado son las variables importantes para seleccionar los tratamientos. En los cuadros 4 y 5 se pueden ver a detalle

como influyen las condiciones de cocción (tiempo de cocción, reactivo, temperatura y sus interacciones entre variables respuestas).

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de las variables respuestas en función a los parámetros de control del proceso de cocción a la sosa y resultan significativas las variables reactivos ($p = 0,0200$) y temperatura ($p = 0,0339$), a un nivel de confianza del 95%. Esto indica que la variable respuesta de número kappa, se debe tomar en cuenta para seleccionar las pulpas a analizar.

La variable respuesta de rendimiento aceptado, se tomó en cuenta para seleccionar las pulpas a analizar de acuerdo a los datos expresados, donde los parámetros de control del proceso de cocción a la sosa; variables reactivos ($p = 0,0227$), tiempo ($p = 0,0387$) y la interacción reactivos temperatura ($p = 0,0210$) resultando significativas a un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 3. Proporciones de fibras en cada formulación evaluada.

Mezclas	% <i>Ricinus communis</i>	% Fibra Americana	% Fibra Mexicana
1			100
2		100	x
3	100	x	x
4	75	x	25
5	50	x	50
6	25	x	75
7	75	25	x
8	50	50	x
9	25	75	x

Cuadro 4. Análisis de varianza para el número kappa.

Variable	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	F calculada	Signif.
A: Reactivo	8206,09	1	8206,09	1010,55	0,0200
B: Temperatura	2862,22	1	2862,22	352,47	0,0339
C: Tiempo	152,077	1	152,077	18,73	0,1446
AB	491,411	1	491,411	60,52	0,0814
AC	5,61125	1	5,61125	0,69	0,5585
BC	111,901	1	111,901	13,78	0,1675
Total error	8,12045	1	8,12045		
Total (Corr.)	11837,4	7			

Cuadro 5. Análisis de varianza para el rendimiento aceptado (RA).

Variable	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F calculada	Signif.
A: Reactivo	30,8898	1	30,8898	788,01	0,0227
B: Temperatura	2,1632	1	2,1632	55,18	0,0852
C: Tiempo	10,58	1	10,5800	269,90	0,0387
AB	35,8705	1	35,8705	915,06	0,0210
AC	1,32845	1	1,32845	33,89	0,1083
BC	2,26845	1	2,26845	57,87	0,0832
Total error	0,0392	1	0,0392		
Total (corr.)	83,1395	7			

Sugesty *et al.* (1996), indicó haber encontrado resultados que demuestran que el *R. communis* pulpeado a la soda, soda antraquinona y al sulfato a un rango flexible de álcali activo entre 14-18% presenta rendimientos altos, superiores a 45%, esto coincide con nuestros resultados de rendimientos expresados en el cuadro 4 y con los valores de lignina residual (número kappa).

Con las pulpas obtenidas de los tratamientos T3, T7 y T8 se formuló el papel ondulado según las mezclas ya establecidas. La mezcla 1, arrojó valores de 56,5 N y la mezcla 2 de 51,3 N.

Al analizar las pulpas obtenidas del tratamiento 3 (T3) se observa un valor mínimo de RCT de

51,8N en la mezcla 6 y un valor máximo de 79N para la mezcla 3. Al comparar estos resultados con los valores mínimos de resistencia requeridos para el papel ondulado según el Laboratorio Central de Smurfit-Kappa Cartón de Venezuela, se observa que no califica dentro de los valores mínimos requeridos (222,4 N CMT, 284,6 N RCT y 266,8 N CCT, esto para gramajes de 127 g/m²). Con respecto a las pulpas obtenidas según los tratamientos 7 y 8, se mantiene lo ocurrido en el tratamiento 3 (Figura 1) no cumplen con los valores mínimos exigidos (Figuras 2 y 3).

De acuerdo a los valores de las propiedades mecánicas, el *R. communis* no alcanza el mínimo

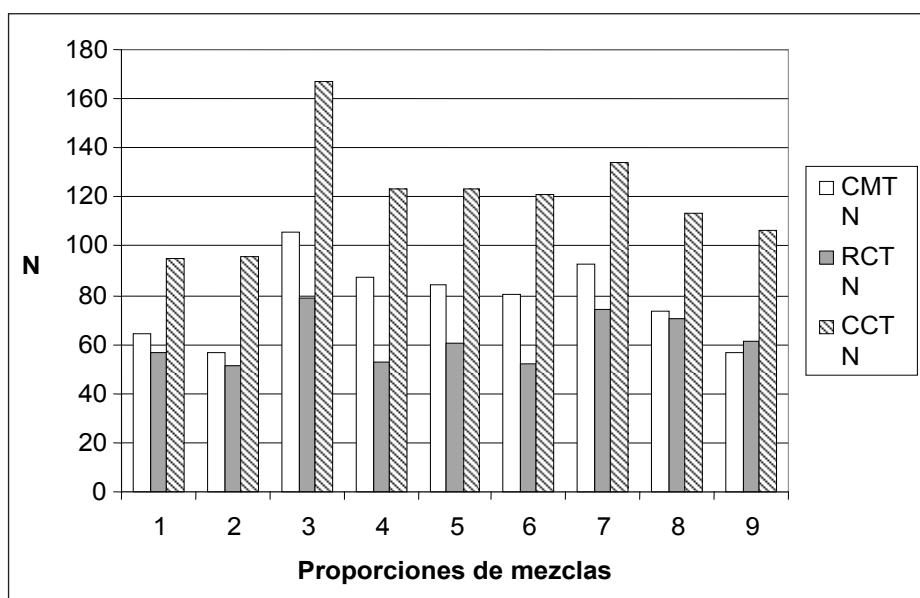


Figura 1. Propiedades mecánicas del papel elaborado a partir del tratamiento 3 (RCT: Ring Crust Test; CCT: Concora Crust Test; CMT: Concora Medium Test).

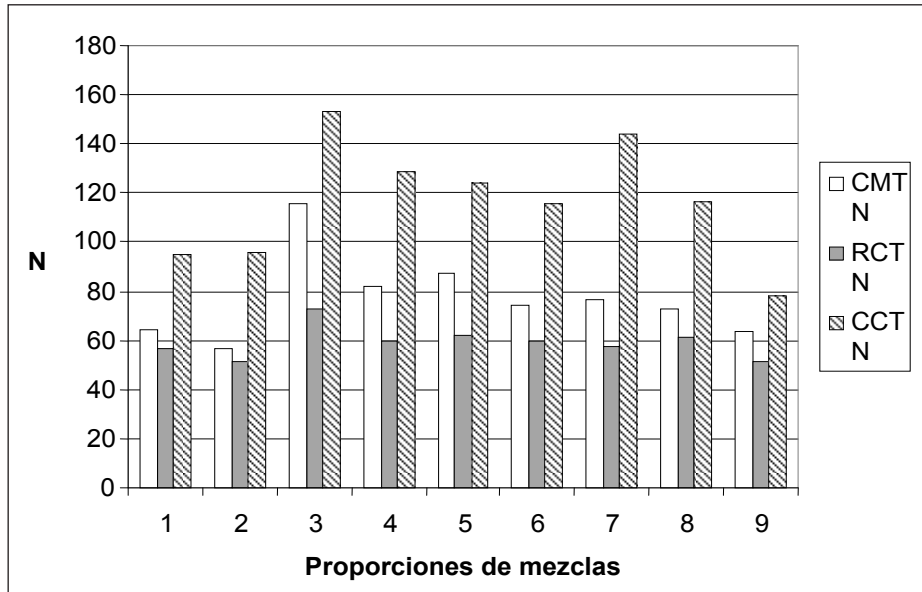


Figura 2. Propiedades mecánicas del papel elaborado a partir tratamiento 7 (RCT: Ring Crust Test; CCT: Concora Crust Test; CMT: Concora Medium Test).

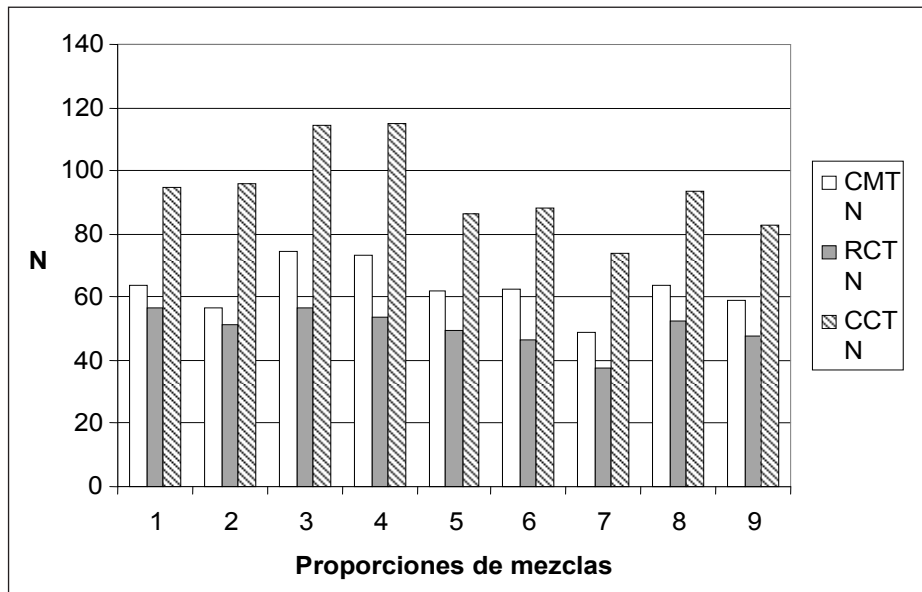


Figura 3. Propiedades mecánicas del papel elaborado a partir tratamiento 8 (RCT: Ring Crust Test; CCT: Concora Crust Test; CMT: Concora Medium Test).

requerido, pero las referencias de los valores utilizados son para materia prima maderables y no del tipo arbusto, tal como es el caso de *R. communis*.

También se pudo determinar que el tratamiento que arrojó los mejores valores de resistencia fue el T3, y se mantiene una tendencia entre los tratamientos evaluados que la mezcla 3, arroja los mejores valores y que la mezcla 9 arrojó los valores más bajos, como se puede observar en las Figuras 1, 2 y

3 donde el papel obtenido de la mezcla 3, presenta valores superiores a los de la mezcla 1 y 2, siendo lo esperado. Con estos papeles en las proporciones evaluadas no se puede producir un papel ondulado de similares características al realizado en Venezuela, donde la materia prima es el *Pinus caribaea*, *Eucaliptus sp* y *Gmelina arborea*, esto contradice lo expresado por Agarwal *et al.* (1992) quien señala que en sus estudios químicos, anatómicos y mor-

fológicos sobre el *R. communis*, indican que esta planta fibrosa no maderable se proyecta como materia prima sustituta en la Industria papelera gracias a las dimensiones de las fibras.

4. Conclusiones y recomendaciones

En los ensayos realizados el papel ondulado de *R. communis*, arrojó valores de resistencias de CMT, RCT y CMT por debajo de los valores esperados, lo que lleva a concluir que por sí solo o mezclado con fibras secundarias en las proporciones evaluadas no se puede obtener un papel ondulado de similares características al realizado en Venezuela, donde la materia prima es el *P. caribaea* var. *Hondurensis*, *Eucaliptus* sp y *G. arborea*.

Aún cuando los valores de resistencia mecánica del *R. communis* no son los mejores ésta especie representa una fuente potencial para sustituir a las fibras secundarias; ya que sus valores de resistencia son más elevados que las fibras recicladas mexicanas y americanas siendo una excelente alternativa para utilizarlas como parte de la mezcla fibrosa utilizadas en la elaboración de este producto, siempre y cuando se realice un manejo integral de las plantaciones. Esto contribuiría a satisfacer la demanda de fibras secundaria insatisfecha en México, teniendo como fortaleza la disminución de los impactos ecológicos de la industria papelera donde la utilización de residuos agrícolas en la producción de pasta de papel es un medio de aumentar la productividad económica de las tierras de cultivo y al mismo tiempo reducir la demanda sobre los bosques y el impacto ecológico.

5. Referencias bibliográficas

AGARWAL, A., A. BANSAL, M. N. ANSARI, M. C. JAIN y J. S. UPADHYAYA. 1992. Non-wood fibrous plants for pulp and paper manufacture (*Adhatoda vasica*, *Ipomea carnea* and *Ricinus communis*) - chemical and anatomical studies. Birla Inst. Technol. Sci., Pilani, India. *Chimica Acta Turcica* 20(3): 15-23.

AFCO. 2006. Asociación Española de fabricantes de Envases y Embalajes de cartón Ondulado. En línea: <http://www.afco.es/> [Consultado: 22/11/ 2006].

ESCOTO, T. 2004. *Evaluación de la calidad en pulpa, papel y cartón*. Departamento de Celulosa y Papel.

Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. 215 p.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS. 2007. Estudios para evaluar las tecnologías contaminantes en cinco ramas industriales. En línea: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/3/estudios.html> [Consultado: 05/04/ 2007].

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA. 2007. Estadísticas de plantaciones forestales. En línea: http://www.ine.gob.mx/descargas/cdoc/09_adq_sep_2007.pdf [Consultado: 08/04/ 2007].

KISSINGER, M., F. JENNIFER y E. WILLIAM. 2007. Wood and non-wood pulp production: Comparative ecological footprinting on the Canadian prairies. *Ecological Economical* 62(3-4): 552-558.

MADRC. 2006. Estrategia de desarrollo de biocombustibles: implicaciones para el sector agropecuario. Bogota, Colombia. En línea: <http://www.minagricultura.gov.co/archivos/biocombustibles.pdf> [Consultado: 06/07/ 2007].

TORRES, J. 1999. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020. Informe Nacional México. Depósitos de documentos de la FAO. En línea: <http://www.fao.org/docrep/006/j2215s/j2215s08.htm> [Consultado: 05/07/ 2007].

TORNEL, R. 2004. Industria y Medio Ambiente. Unión de grupos ambientalistas. En línea: <http://www.union.org.mx/publicaciones/guia/actividadesyagravios/industria.html> [Consultado: 05/04/ 2007].

SUGESTY, S., G. IBNUSANTOSA y T. S. SOETRISNO. 1996. Use of *Ricinus communis* and *Jatropha curcas* for paper pulp. Staf Peneliti Pada Balai Penelitian Pulp - Balai Besar Selulosa, Indonesia. *Berita Selulosa* 32(2): 7-12.