

## Diseño Factorial de un Proceso Alcalino para Obtener Celulosa de Higuierilla (*Ricinus communis L.*) y su Aplicación en Cartón Ondulado

Investigación

M. en C. Teófilo Escoto García <sup>a, \*</sup>, Ing. Sergio Morales Castro <sup>a</sup>,

Dr. Antonio Rodríguez Rivas <sup>a</sup>, Dr. José Anzaldo Hernández <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Centro de Investigación en Recursos Forestales y Biotecnología Ambiental, Departamento de Madera Celulosa y Papel (Cucei / U de G), Km. 15.5 Autopista Guadalajara – Nogales, Zapopan, Jal. México A.P. 52-93, Tel. 36820110 ext.129  
e-mail: tescoto@dmcyp.cucei.udg.mx

### Resumen

Se estudia la obtención de celulosa y su aplicación en papel corrugado a partir del tallo de higuierilla (*Ricinus communis L.*). Mediante un diseño factorial  $2^3$  se encontraron las mejores condiciones del proceso alcalino para obtener celulosa. A las pulpas se les determinó; No. de Kappa, % rendimiento y sus propiedades físico-mecánicas. Los tratamientos seleccionados T4, T7 y T8 se refinaron durante 6, 12, 18 y 22 minutos, posteriormente se formaron hojas estándar para corrugar y evaluar sus propiedades funcionales; compresión en ondulado, en anillo y en lateral. Se determinó que las características fisicomecánicas fueron relativamente mejores en los niveles de refinación 18 y 22 minutos. El tratamiento T8 con 22 minutos fue el que obtuvo mejores resultados en el índice de tensión (76.3 N.m/g) e índice de explosión (5.3 kPa.m<sup>2</sup>/g). En cuanto a las pruebas de compresión se observó que el tratamiento T8 con nivel de refinación de 18 minutos tuvo mejor resistencia de compresión (CMT) 238.7 N. Se concluye que la pulpa de higuierilla al 100 %.

**Palabras clave:** Proceso alcalino, celulosa de ricinus comunis, cartón ondulado.

### Abstract

We study the obtaining of pulp and his application in corrugated paper from the stalk of castor (*Ricinus communis L.*). Using a  $2^3$  factorial design was found the best conditions for pulp alkaline process. The pulps were determined; No. Kappa, % yield and physical-mechanical properties. Selected treatments T4, T7 and T8 were refined for 6, 12, 18 and 22 minutes, later formed standard sheets for corrugated and evaluate its functional properties, compression in corrugating paper, in ring and edge compression. It was determined that the physic mechanical properties were relatively better in refining levels 18 and 22 minutes. T8 treatment with 22 minutes was the one who got better results on the tensile index (76.3 Nm / g) and burst index (5.3

kPa.m<sup>2</sup>/g). As for the compression tests showed that treatment T8 with a level of refinement of 18 minutes had better compressive strength (CMT) 238.7 N.

**Key words:** Alkaline Process, cellulose of Ricinus comunis, corrugating paperboard.

### Introducción

Sobre la planta de *Ricinus comunis L.* Sánchez (2006) la clasifica como una oleaginosa de la familia de las Euforbiáceas originaria del norte de África. Pouchelle (1986) y Balet (1987) mencionan que en cuanto a la obtención de pulpa celulósica para fabricar a nivel industrial, papel liner y papel ondulado normalmente se han usado fibras largas de confieras o pinos, además de fibras cortas provenientes de maderas duras o latifoliadas. Sobre el aprovechamiento del tallo de *Ricinus comunis L.* para celulosa y papel, se encontraron algunas referencias sobre su tratamiento químico; Agarwal (1992) indica que esta planta tiene un potencial promisorio, como fuente de fibra para la elaboración de papel en países tropicales y con limitados recursos maderables. Medina (1996) indica, que la estructura fibrilar (celular) de esta planta no maderable, puede ser comparada abiertamente con la morfología y dimensiones de las plantas maderables (eucalipto). Nagaty (1982) plantea un proceso secuencial, en donde el tallo de higuierilla fue sometido a dos procesos alcalinos; a la sosa y al sulfato, obteniendo pulpas blanqueables. En estudios realizados por Fonseca (2006) y Fernández (2008) se planteo obtener celulosa para papel y cartón a partir del *Ricinus Communis* mezclado con cartón reciclado y paja de trigo respectivamente, con resultados relativamente inferiores a 200 N.

Con base en lo anterior se estableció para este trabajo, el desarrollo de una metodología mediante un diseño factorial, para el aprovechamiento del tallo de higuierilla al 100 % por un proceso alcalino a la sosa, y su aplicación en el papel liner, componente del cartón ondulado.

### Materiales y métodos

Mediante dos etapas se llevó a cabo la obtención y optimización de pulpa de higuerilla al 100 %, y la evaluación de los tratamientos óptimos. El proceso de cocción a la sosa para la obtención de celulosa se aplicó de acuerdo a un diseño factorial 2<sup>3</sup> con dos niveles (Tabla 1 y 2).

Carga de astillas de <i>Ricinus communis b.s.</i>	100 g
Álcali Activo, respecto a la carga de material fibroso b.s.	16 y 18%, NaOH
Relación: Licor/Madera	4/1
Temperaturas máximas de cocción	150 y 170 °C
Tiempo a temperatura máxima	100 y 140 min.

**Tabla 1**

Condiciones experimentales del proceso de cocción

Tratamiento experimental	NaOH (%)	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)
T 1	-1 (16)	-1 (150)	-1 (100)
T 2	+1 (18)	-1 (150)	-1 (100)
T 3	-1 (16)	+1 (170)	-1 (100)
T 4	+1 (18)	+1 (170)	-1 (100)
T 5	-1 (16)	-1 (150)	+1 (140)
T 6	+1 (18)	-1 (150)	+1 (140)
T 7	-1 (16)	+1 (170)	+1 (140)
T 8	+1 (18)	+1 (170)	+1 (140)

**Tabla 2**

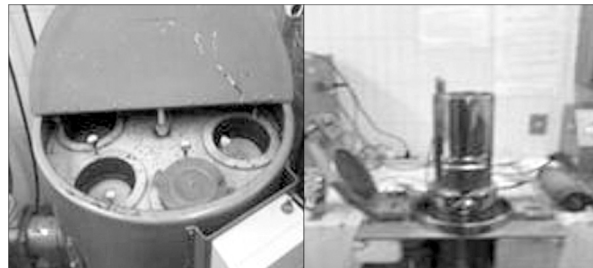
Matriz del diseño factorial 2<sup>3</sup>

Los tratamientos se llevaron a cabo en un digestor con baño de aceite (fig.1). Las astillas de higuerilla cocidas fueron desfibradas en un refinador de discos Sprouth Waldron, y posteriormente fueron depuradas en una criba de diafragma Lorentzen Wettre. La evaluación de pulpas se realizó mediante curvas de refinación en Molino Jokro con tiempos de 0, 6, 12 y 18 minutos, Luego, se formaron hojas de papel estándar en equipo Tappi (fig.2). Las pruebas fisicomecánicas (fig.3) realizadas a las hojas de papel estándar de acuerdo a normas Tappi fueron: Calibre (T-411), Porosidad (T-460), Resistencia al rasgado (T-414), Resistencia al dobléz (T-423), Resistencia a la explosión (T-403) y Resistencia a la tensión (T-404).



**Figura 1**

Digestión y obtención de pulpa



**Figura 2**

Refinación y formación de hojas estándar



**Figura 3**

Determinación de pruebas físico mecánicas



**Figura 4**

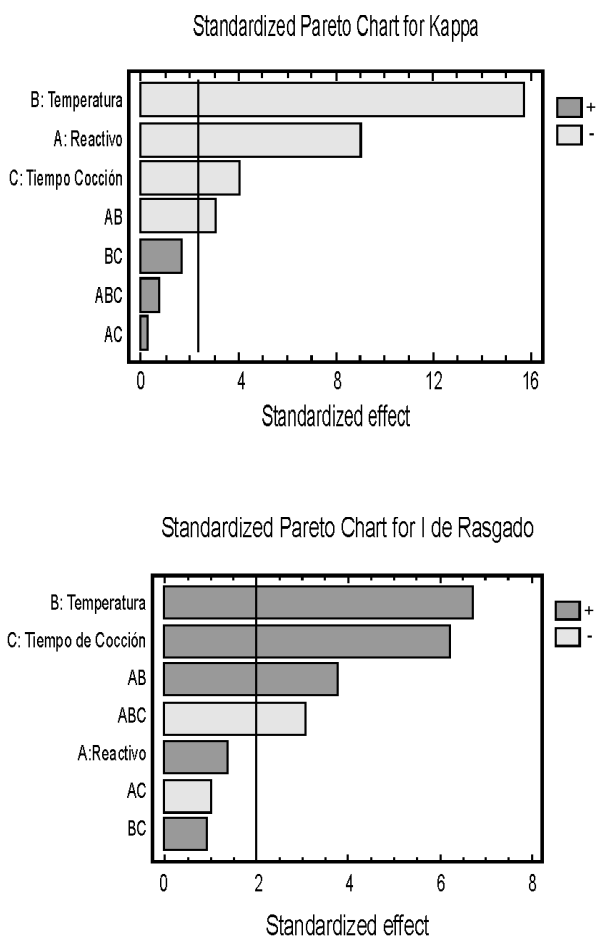
Determinación pruebas de compresión en corrugado

Las respuestas obtenidas del diseño factorial fueron estimadas mediante ANOVA, y para la evaluación de las propiedades de compresión en los tratamientos óptimos (T4, T7 y T8), se formaron hojas de 150 g/m<sup>2</sup> (papel corrugado) y se evaluaron las características de compresión lateral en anillo RCT T-818, compresión del

medium CMT T-809 y compresión del corrugado CCT T-824 (fig. 4), estimando su valoración directamente de las mejores resistencias.

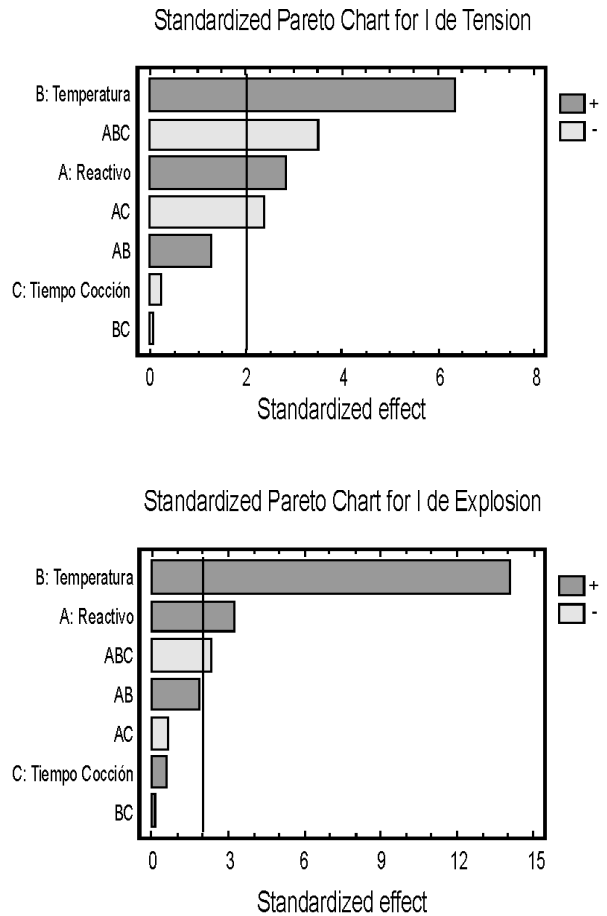
**Resultados**

De acuerdo al análisis estadístico ANOVA, con un valor de confianza del 95 % y un valor de P (<0.05): La temperatura resultó ser el parámetro con mayor nivel de significancia para este proceso alcalino (fig.5), aunque para el número de kappa y el índice de explosión resultaron dos factores significativos; la temperatura y el % de reactivo.



**Figura 5**

Efectos principales de la temperatura, % reactivo y tiempo de cocción sobre el número de kappa y el índice de rasgado.



**Figura 6**

Efectos principales de la temperatura, % reactivo y tiempo de cocción sobre el índice de tensión e índice de explosión.

Por otro lado la temperatura y el tiempo de cocción fueron significativos para el índice de rasgado, sin embargo, para el índice de tensión, resultaron con mayor nivel de significancia la temperatura y la interacción ABC (% reactivo, temperatura y tiempo de cocción).

Respecto a las pruebas físico-mecánicas en los tratamientos óptimos (tabla 3), para el índice de explosión, el tratamiento T8 con 18 minutos de refinación (5.33 kPa.m<sup>2</sup>/g) reporta el valor mas alto, en comparación con los tratamientos T4 (4.42 kPa.m<sup>2</sup>/g) y T7 (5.12 kPa.m<sup>2</sup>/g), ambos con 22 minutos de refinación. En el índice de tensión el tratamiento T8 con 22 minutos de refinación (76.29 N.m/g) obtuvo el mejor valor a diferencia de los tratamientos T4 (69.86 N.m/g) y T7 (74.35 N.m/g) también con 22 minutos de refinación. Finalmente para el índice de rasgado el tratamiento T7 con 22 minutos de refinación (10.17 mN.m<sup>2</sup>/g) fue el mejor, ya que los tratamientos T4

(9.44 mN.m<sup>2</sup>/g) y T8 (9.23 mN.m<sup>2</sup>/g) también con 22 minutos de refinación fueron inferiores. En general las mejores propiedades se obtuvieron en el tiempo de refinación de 22 minutos.

Tratam. No.	CMT N	CCT kN	RCT kN/m	Índice Tensión N.m/g	Índice Explosión Kpa..m <sup>2</sup> /g	Índice Rasgado mN..m <sup>2</sup> /g
T4 (12 min.)	133.3	0.644	<b>1.911</b>	66.38	3.92	9.08
T4 (18 min.)	208.7	0.673	1.683	65.62	4.39	8.71
T4 (22 min.)	<b>215.8</b>	<b>0.720</b>	1.685	<b>69.86</b>	<b>4.42</b>	<b>9.44</b>
T7 (12 min.)	158.3	0.699	<b>1.884</b>	71.10	4.62	8.88
T7 (18 min.)	<b>237.9</b>	0.785	1.784	74.21	5.06	8.74
T7 (22 min.)	217.3	<b>0.815</b>	1.713	<b>74.35</b>	<b>5.12</b>	<b>10.17</b>
T8 (12 min.)	193.3	0.747	1.657	66.32	4.73	9.17
T8 (18 min.)	<b>238.7</b>	<b>0.805</b>	<b>1.804</b>	70.77	<b>5.33</b>	8.97
T8 (22 min.)	230.3	0.795	1.757	<b>76.29</b>	5.12	<b>9.23</b>

**Tabla 3**

Propiedades fisicomecánicas y de compresión de los tratamientos óptimos del diseño factorial 2<sup>3</sup>

Con respecto a las pruebas funcionales del papel ondulado (tabla 3); en la prueba CMT el tratamiento T8 con un tiempo de refinación de 18 minutos reporto el valor mas alto (238.7 N) a diferencia de los otros dos tratamientos T4 (215.8 N) con 22 minutos de refinación, y T7 (237.9 N) con 18 minutos de refinación. La prueba RCT presento su mejor resultado en el tratamiento T4 (1.911 kN/m) con 12 minutos de refinación, contra T7 (1.884 kN/m) con 12 minutos de refinación y T8 (1.804 kN/m) con un tiempo de refinación de 18 minutos. Para la prueba de CCT el tratamiento T7 (0.815 kN) con un tiempo de refinación de 22 minutos fue el valor mas alto seguido por T8 (0.805kN) y T4 (0.720 kN), ambos valores registrados con un tiempo de 18 y 22 minutos de refinación respectivamente. En este caso, los valores de las pruebas de compresión obtenidos en este trabajo fueron superiores (CMT 238.7 N, RCT 1.911 kN/m y CCT 0.815 kN) a los obtenidos por Fonseca (2006) y Fernández (2008) donde reportan valores para CMT desde 73.3 a 217 N, RCT desde 0.252 a 0.379 kN/m y CCT desde 0.59 kN a 0.60 kN.

### Conclusiones

Con respecto al efecto de los factores; tiempo, temperatura y % reactivo (ANOVA)

- En número de kappa la temperatura y el % de reactivo en nivel alto fueron significativos.
- En índice de explosión la temperatura y el % de reactivo en nivel alto fueron significativos.
- En índice de rasgado la temperatura y el tiempo de cocción en nivel alto fueron significativos.
- En índice de tensión, resultaron con mayor nivel de significancia la temperatura en nivel alto y la interacción ABC en nivel bajo (% reactivo, temperatura y tiempo de cocción).
- Se observó que la temperatura en nivel alto resultó ser el factor con mayor nivel de significancia para este proceso a la sosa.

Con respecto al tratamiento de refinación (propiedades funcionales y estructurales)

- En el índice de explosión el tratamiento T8 con 18 minutos de refinación fue mejor.
- En el índice de tensión en el tratamiento T8 con 22 minutos de refinación fue mejor.
- En el índice de rasgado el tratamiento T7 con 22 minutos de refinación fue mejor.
- Para la prueba CMT el tratamiento T8 con 18 minutos de refinación fue mejor.
- Para la prueba RCT el tratamiento T4 con 12 minutos de refinación fue mejor.
- Para la prueba CCT el tratamiento T7 con 22 minutos de refinación fue mejor.
- Se observó que las mejores propiedades estructurales y funcionales se obtuvieron con un tiempo de refinación de entre 18 y 22 minutos.

Para finalizar podemos decir que la pulpa obtenida de la Higuera (*Ricinus communis L.*) al 100 %, mejora los resultados de las pruebas fisicomecánicas y de compresión que las mezclas con papel reciclado (Escoto, 2008) o con pulpa de paja de trigo (Fernández, 2008).

### Referencias

- [1] Agarwal A. K et al (1992) Non-wood fibrous plants for pulp and paper manufacture (*Adhatoda vasica*, *Ipomea carnea* and *Ricinus comunnis L.*) chemical and anatomical studies. Birla Institute Technology. Sci., Pilani, India. *Chemica Acta Turcica* 20(3) pp. 26-30.
- [2] Balet J. M. (1987); La fabricación del papel paja para ondular. Comités Técnicos de Transformados Papeleros Cartón Ondulado 2, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española (AITIPE), Madrid, España.

- [3] Escoto G. T., Fonseca J. A., (2008); Obtención de celulosa para papel y cartón a partir del tallo de higuierilla (*Ricinus Communis L.*) por proceso a la sosa; mezclado con cartón reciclado. *Memorias de XXIX Encuentro Nacional de la AMIDIQ*, Vallarta, México.
- [4] Finnboard (1982) *Technical properties of container boards*, P.O.B 36 SF-00131. Helsinki, Finland pp. 3 -15.
- [5] Fernández de C. B. Ch., (2008); *Optimización de mezclas de fibras no maderables; Higuierilla (*Ricinus communis L.*) y Paja de Trigo (*Triticum sativum*) para papel ondulado (medium), mediante proceso a la sosa*. Tesis Licenciatura en Ingeniería Química, DMCyP Universidad de Guadalajara, México.
- [6] Medina J. C. et al (1996) Castor stems (*Ricinus communis L.*) as a source of chemical pulp for paper Inst. Agron. Campinas, Brazil. *Papel June* pp. 26-30.
- [7] Nagaty A. et al (1982) Alkaline pulping of *Ricinus communis* and paper made there from. Cell. Paper Lab., Natl. Research Center; Cairo Egypt *Cellulose chemistry and technology* 16 (5), pp. 523-31.
- [8] Pouchelle M. (1986) Tendencia actual de los métodos de producción del papel para acanalado. Comités Técnicos de Transformados Papeleros AITIPE. *Cartón Ondulado 1*, Madrid, pp. 55 – 89.
- [9] Sánchez Lupian L. E (2006); La higuierilla (*Ricinus communis L.*) Una alternativa de producción para los productores y el mercado energético *CEIEGDRUS/boletín estadístico del sector agropecuario* Número 7, año 2 Agosto 2006 Pág. 2-3.

**Artículo recibido:** 15 de julio de 2010

**Aceptado para publicación:** 23 de agosto de 2010