

Estudio Químico, Micrográfico y Morfológico del *Ricinus communis* L., y su Aplicación en Pulpa Blanqueable

Investigación

M. en C. Teófilo Escoto García¹, Dr. José Guadalupe Rutiaga Quiñones², Ing. Rocío Orihuela Equihua³,
Dr. Antonio Rodríguez Rivas¹ y M. en C. José de Jesús Rivera Prado¹

¹ Universidad de Guadalajara, Departamento de madera celulosa y papel/CUCEI

Apdo. Postal 52-93 tel. 36820110 ext. 129 fax 36820643 e- mail: tescoto@dmcyp.cucei.udg.mx

² Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, Facultad de ingeniería en tecnología de la madera

³ Tesista Facultad de ingeniería en tecnología de la madera de la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo

Resumen

México posee una gran gama de especies vegetales no maderables o arbustivos, de los cuales se sabe muy poco, y para el caso del *Ricinus communis* L., existen trabajos sobre el uso de la semilla en biocombustibles y en la obtención de celulosa a partir del tallo. Con estos antecedentes se recolectó un espécimen de *Ricinus communis*, se descortezó y astilló para llevar a cabo los análisis de composición química, micrográfico y morfológico del tejido leñoso; aplicando además un proceso químico a la sosa para la obtención de celulosa blanqueable mediante secuencia OD/OP/D, evaluando las propiedades de resistencia fisicomecánica y viscosidad, así como blancura y opacidad. La composición química indica que el contenido en holocelulosa (85.0 %) y alfa celulosa (66.3 %) se encuentra dentro de los parámetros para papel. El análisis micrográfico reportó la relación de Runkel con un grado II y el análisis morfológico reportó que las fibras tienen una longitud promedio de 1.057 mm y pared de 4.4 µm de espesor; con gran posibilidad de producir papel de buena calidad. Las condiciones para la obtención de pulpa se dan en 25 % reactivo, 160 °C, 120 minutos de cocción y 26 minutos de refinación. El tratamiento de blanqueo reportó un grado de blancura de 86.8 % y una viscosidad de 10.7 cp. Concluyendo que de acuerdo a sus componentes químicos, características micrográficas y morfológicas el *Ricinus communis* L., técnicamente es viable para su aplicación en pulpa blanqueable.

Palabras clave: *Ricinus communis* L., Composición química, Micrografía, Morfología, Pulpa blanqueable.

Abstract

Mexico has a wide range of plant species not timber or shrubs, which is known very little, such as *Ricinus communis* L., there are papers regarding the use of seed in biofuels and obtaining cellulose from the stem. With the help of previous mentioned background a specimen of *Ricinus communis* was collected, debarked and chipped to carry out analyses of chemical composition, morphological and micrograph of woody tissue;

applying in addition a chemical process to the soda for the obtaining of bleaching cellulose using sequence OD/OP/D, evaluated the physical mechanical characteristics and viscosity properties, as well as brightness and opacity. Chemical composition indicates that the holocellulose content (85.0 %) and Alpha cellulose (66.3%) is within the parameters for paper. Micrograph analysis reported for Runkel relate to a grade II and morphological analysis reported that the fibers have an average length of 1.057 mm and thickness wall of 4.4 µm; with great possibility of producing good quality paper. The conditions for obtaining pulp occur in 25 % reactive, 160 °C, 120 minutes of cooking and 26 minutes of refining. The bleaching treatment reported a degree of brightness of 86.8 % and 10.7 cp of viscosity. Concluding that *Ricinus communis* L., is technically feasible for application in bleaching pulp.

Key words: *Ricinus communis* L., Chemical composition, Micrography, Morphology, Bleaching pulp.

Introducción

En México existe gran variedad de vegetales maderables y vegetales no maderables, las cuales son una parte fundamental en la reserva ecológica del país, sin embargo la creciente demanda de madera a nivel mundial, radica en primer lugar para leña, para producción de papel, tableros y para elaboración de paneles para la construcción, y en ciertas regiones para su transformación en productos químicos y combustibles. Con respecto a la fabricación del papel, el tipo de fibra usada es completamente variada, dependiendo de cada país, aunque desde un punto de vista mundial, los vegetales maderables representan del 85 al 90 % de las materias primas fibrosas consumidas [1].

Sobre los vegetales no maderables clasificados como arbustivos y que no son utilizados para fabricar productos madereros y/o papeleros, se sabe muy poco sobre su aprovechamiento. Sobre el *Ricinus communis* L., existen diversas investigaciones tendientes al uso del aceite de la semilla y su aplicación en biocombustibles.

La higuierilla (*Ricinus communis* L.) es una planta perteneciente a la familia de las *Euphorbiaceae* del genero *Ricinus* y especie *Ricinus communis* L., normalmente establecida en regiones tropicales y por ello no se adapta bien en lugares fríos, debiendo ser cultivada en verano. Sobre sus usos y aplicaciones, se menciona que la planta tiene diversos usos, por ejemplo, las semillas son lo más importante económicamente, ya que de ellas se extrae el aceite de ricino o de castor, que se utiliza como lubricante para la manufacturación de jabones, tinturas, cosméticos, elaboración de plásticos, fungicidas y champú, entre otros más [2].

Fundamentos teóricos

Sobre la aplicación del tallo, se reportan relativamente pocas investigaciones sobre celulosa y papel; entre ellas existen algunas referencias sobre su tratamiento químico para la obtención de pulpa para papel, utilizando el tallo de *Ricinus communis* L. mediante dos procesos alcalinos, a la sosa y al sulfato, encontrando que el proceso al sulfato no degrada tanto la fracción de carbohidratos, favoreciendo además la deslignificación y el blanqueo de la pulpa [3]. Por otro lado, también hay reportes sobre la composición química de tres especies vegetales no maderables, donde incluyen al *Ricinus communis* L., indicando que estas plantas contienen alfa celulosa dentro de un rango de 42 a 70 % y que pueden ser útiles para la obtención de pulpa para papel [4].

Respecto a la aplicación de pulpas sin banquear de *Ricinus communis* L. en papel para corrugar, se han realizado algunas investigaciones, entre ellas las llevadas a cabo con *Triticum sativum* [5] y *Ricinus communis* L. al 100 % [6]. En el primer caso se obtuvieron mejoras importantes en la rigidez del papel ondulado en la mezcla 75 % *Ricinus* / 25 % *Triticum*, y una mejoría en la resistencia a la compresión del corrugado; en el segundo caso resultó que el papel formado con fibras de *Ricinus communis* L. al 100% mejoró significativamente la resistencia a la compresión del corrugado.

Sobre el blanqueo de pulpa y la incorporación de secuencias conjuntas en las etapas con oxígeno (O), peróxido (P) y/o dióxido de cloro (D), se menciona un estudio para plantear la posibilidad de uso de pulpa blanqueada de *Ricinus communis* en papel bond (7), en donde al aplicar la etapa oxígeno/dióxido (OD), el oxígeno ayuda a romper los enlaces lignificados y el dióxido de cloro reacciona preferentemente con la lignina sin afectar significativamente los carbohidratos. Para la etapa con secuencia oxígeno/peróxido (OP), el oxígeno aumenta el grado de deslignificación y el peróxido (P) ayuda a disminuir la cantidad de oxidante en la etapa posterior. Respecto al dióxido de cloro (D), éste fue uno de los agentes químicos más importantes

en el blanqueo de la pulpa, ya que permitió obtener una pulpa estable, con buenas propiedades fiscomecánicas y un muy buen grado de blancura.

Materiales y métodos

Se seleccionó de una parcela en campo experimental en Bosque escuela (Cuxpala, Jalisco) del Departamento de madera celulosa y papel (Universidad de Guadalajara), un espécimen de *Ricinus communis* L. de 3.5 años, al cual se midió su altura (4.5 m) y diámetro (16 cm) utilizando cintas diamétricas y flexómetro. El espécimen se cortó y desramó con moto sierra, separando las ramas delgadas y hojas del tallo principal. El tallo y ramas se descortezaron manualmente con navaja; se dejaron secar al ambiente durante dos días para posteriormente astillarlos con el equipo Bruks 980 AH (fig. 1).



Figura 1. Corte y astillado del *Ricinus communis*.

El análisis de composición química básica del aserrín de astillas (fig. 2), se aplicó en el laboratorio del Departamento de madera celulosa y papel de la Universidad de Guadalajara de acuerdo al método de muestreo y preparación para análisis químico (Tappi 257 om 88). También se realizó la determinación de los extraíbles en agua caliente (T207 cm 99), en alcohol/tolueno (T204cm 97), lignina (T222 om 98), holocelulosa (método Wise), alfa celulosa (T203 cm 99) y cenizas (T211 om 93).



Figura 2. Equipo utilizado para determinar los compuesto extraíbles.

La observación microscópica se realizó con lupa sobre rodajas del tallo del *Ricinus communis L.*, para determinar las características de color, textura, veteado y anillos de crecimiento en albura y duramen. Posteriormente para la observación micrográfica, se obtuvieron muestras cúbicas de 1 x 1 x 2 cm, ablandadas para hacer cortes del tejido con micrótopo de deslizamiento Reichert (fig. 3), con un grosor de 20 micras, en sentido transversal, radial y tangencial, las cuales se colocaron en un porta objeto con tintura para su observación.



Figura 3. Equipo utilizado para el corte del tejido vegetal para el análisis micrográfico.

El análisis morfológico se realizó a partir de una dispersión fibrosa preparada a partir de pulpa obtenida del proceso de cocción (T1), utilizando azul de metileno (austrablau FM) al 1 %, y safranina al 1 % como colorantes de contraste; el equipo usado para la observación fue un microscopio de campo claro Wild Herbrugg M12-83632 (fig.4).



Figura 4. Equipo utilizado para el análisis micrográfico y morfológico.

Posteriormente se aplicó un proceso de cocción a la sosa en digestor piloto (DMCyP) mediante un modelo factorial 2². Las astillas cocidas se lavaron y se desfibraron en equipo Sprouth Waldron M105A hasta obtener pulpa fibrosa. Finalmente la pulpa se depuró en equipo Lorentzen Wettre MT3 y se le determinó el

rendimiento y número de kappa de acuerdo a método Tappi 236 om 99.

La pulpa depurada se evaluó mediante curvas de refinación en molino Jokro según norma ISO 5264/3, con tiempos de 0, 6, 14 y 26 minutos de refinación, determinando el grado de refinación según norma ISO 5267/1. La formación de hojas estándar se realizó en equipo Rapid Köthen según norma ISO 5269/2, las cuales se cortaron en probetas de ensayo según norma Tappi T5270 y luego fueron sometidas a pruebas fisicomecánicas de resistencia a la tensión, explosión, rasgado y doblez, de acuerdo a normas Tappi.

Al tratamiento con menor número de kappa y con propiedades fisicomecánicas suficientes (T1), se le aplicó un proceso de blanqueo con secuencias OD (oxígeno-dióxido), OP (oxígeno-peróxido) y D (dióxido) de acuerdo a la tabla 1. Las etapas de oxígeno (O) y oxígeno peróxido (OP) se realizaron en un reactor Jayme; y las etapas de dióxido se realizaron en baño de agua con temperatura controlada (fig. 5)

| Condiciones | Secuencia O / D | Secuencia OP | Secuencia D |
|---------------------|----------------------|----------------------|-------------|
| Kappa inicial | 32.8 / 11.7 | 4.1 | 3.4 |
| Pulpa inicial | 180 / 154.8 | 142.0 | 133.0 |
| Sosa | 3.5 % | 1 % | - |
| Sulfato de magnesio | 0.5 % | 0.1 % | - |
| Presión de oxígeno | 5 kg/cm ² | 5 kg/cm ² | - |
| Temperatura | 110 / 60 °C | 95°C | 80°C |
| Consistencia | 10 / 10 % | 10% | 10 % |
| Tiempo de reacción | 120 / 60 minutos | 95 minutos | 180 minutos |
| Kappa final | 11.5 / 4.3 | 3.4 | - |
| Pulpa final | 154.8/142g | 133 g | - |
| Dióxido de cloro | - /2.81 % | - | 1.5 % |
| Factor kappa | - /0.24% | - | 0.24 % |
| Peróxido | - | 1 % | - |
| Acido sulfúrico | - | - | 1.5 % |

Tabla 1. Condiciones de las secuencias de blanqueo para la pulpa de *Ricinus communis L.*



Figura 5. Equipos utilizados para las diferentes etapas de blanqueo de la pulpa.

Las propiedades fisicomecánicas determinadas para evaluar la pulpas sin blanquear y blanqueadas fueron: la prueba de tensión (T404cm92), explosión (T403om9), rasgado (T414om88), doblez (T511om88) y porosidad (T460om67).

Respecto a las propiedades ópticas y de calidad evaluadas en papel y pulpa, obtenidos en este estudio y a nivel industrial, estas fueron blancura (T452om02) y opacidad (T519om02) determinadas en espectrofotómetro Elrepho 3000 y viscosidad de acuerdo al método con cuprietilendiamina según Tappi T230os76.

Resultados y discusión

La composición química del tallo de *Ricinus communis* L. arrojó los resultados presentados en la tabla 2, en donde el contenido de extraíbles en solventes orgánicos y agua caliente representó alrededor del 12 %, el contenido de carbohidratos totales libre de extraíbles, expresado como holocelulosa representó alrededor del 85 %, el contenido de alfa celulosa representó el 66.37 %, el contenido de lignina libre de extraíbles representó alrededor de 18 % y el contenido de cenizas fue de 3.99 %.

Haciendo una comparación con los resultados obtenidos en un estudio similar [8], también en *Ricinus communis* L., se observó que los principales componentes como lo son la lignina (21.5 %), α -celulosa (65.4 %), y holocelulosa (86.5 %) no tienen grandes variaciones, y que entran dentro de los valores de composición química de la madera y productos no maderables. En cambio, el contenido de extraíbles en etanol-tolueno (3.9 %) y cenizas (1.4 %) son menores a los reportados en este trabajo (tabla 2), muy probablemente debido a las variaciones en la ejecución personal y aplicación del método analítico usado.

| DETERMINACIÓN QUÍMICA | % |
|---------------------------------|-------|
| Extraíbles en etanol-tolueno | 8.15 |
| Extraíbles en agua caliente | 4.76 |
| Contenido de lignina | 18.50 |
| Contenido de holocelulosa | 85.84 |
| Contenido de α -celulosa | 66.37 |
| Contenido de cenizas | 3.99 |

Tabla 2. Análisis químico del tallo de *Ricinus communis* L.

El análisis microscópico del tejido del tallo de *Ricinus communis* L., se realizó a partir de tres cortes típicos: transversal, tangencial y radial (fig. 6) en donde se observó que existe poco parénquima leñoso, gran presencia de parénquima paratraqueal disociado, acompañamiento de vasos múltiples radiales de 4 a más, con diámetro pequeño, la porosidad es numerosa y de distribución difusa de forma ovalada, relativamente poca fibra con paredes delgadas, múltiples células en forma radial, punteaduras intervasculares alternas.

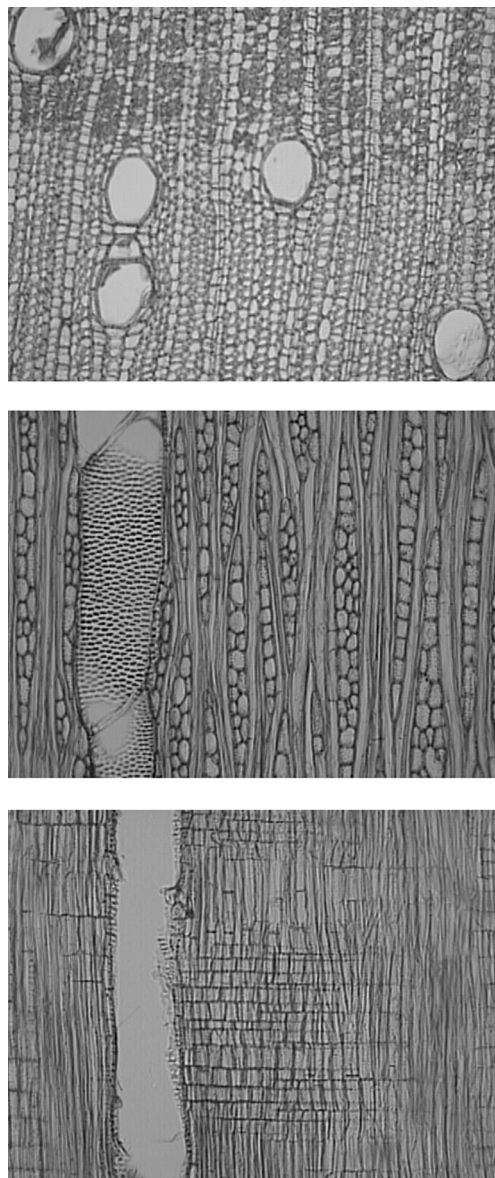


Figura 6. Corte transversal, tangencial y radial (100 x) del tallo de *Ricinus communis* L.

En la bibliografía se reporta un estudio [9] en donde se estimó que de acuerdo a la apreciación del análisis micrográfico y morfológico, el tejido vegetal

del *Ricinus communis* L., puede tener un contenido aproximado del 35 % de fibras, 35 % de parénquima radial, 25 % de poros y un 5 % de parénquima leñoso (muy parecido a lo observado en la fig. 6), lo cual nos indica que el porcentaje de elementos celulares presentes pueden sugerir a este vegetal como una fuente de pulpa celulósica para utilizarla como componente o relleno en la fabricación de papeles que no requieren alta resistencia fisicomecánica como lo es el papel bond.

La morfología celular como podemos observar en la figura 7, las fibras son de forma alargada y delgada, los vasos tienen punteaduras, con apéndices anchos y no muy largos, sus células parenquimatosas son pequeñas y de tamaño irregular.

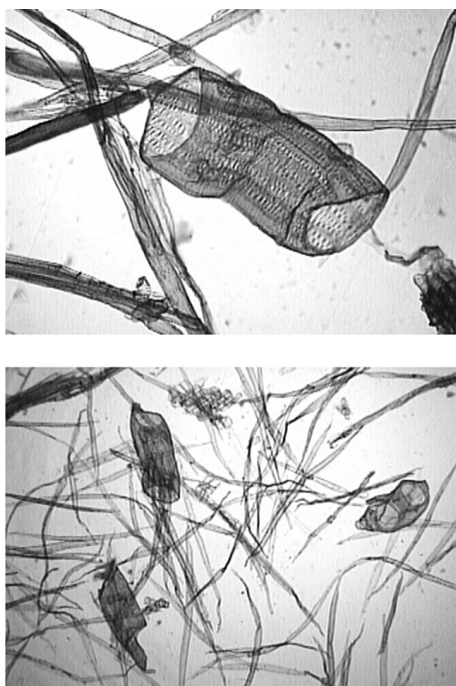


Figura 7. Dispersión de elementos celulares fibrosos y no fibrosos del tallo de *Ricinus communis* L.

Respecto a la longitud promedio de la fibra (1.057 mm) y el espesor de la pared (4.4 μm) reportados en la tabla 3, clasifican al *Ricinus communis* L, dentro de las materias primas de fibra corta con alto nivel de elementos celulares no fibrosos (maderas duras y plantas anuales). Para este caso en estudios de aplicación de vegetales no maderables [4] [10], reportaron valores menores en las dimensiones de la fibra (0.89 a 0.95 mm) para el *Ricinus communis* L.

| DIMENSIONES | VALOR PROMEDIO | VALOR PROMEDIO (Agarwal, 1992) (Medina y Ciaramello, 1996) |
|----------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------|
| Longitud de fibra (L) en mm | 1.057 | 0.810 |
| Diámetro de fibra (D) en μm | 27.4 | 20.5 |
| Diámetro de lumen (l) en μm | 18.6 | |
| Espesor de pared (W) en μm | 4.4 | 4.2 |

Tabla 3. Dimensiones de las fibras de *Ricinus communis* L.

La clasificación de fibras de acuerdo a la relación de Runkel reportada por otro estudio [11] indica que estas fibras tienen un grado II en el rango de 0.25-0.50, lo cual las clasifica como muy buenas para producir papel de buena calidad. Al comparar los resultados de la tabla 4, encontramos que el índice Runkel es de 0.48, el cual está dentro de rango. Esto se confirma con los valores para el coeficiente de flexibilidad y el coeficiente de rigidez expresado en porcentaje (31.8%). Por otro lado cuando el coeficiente de rigidez es mayor del 40%, este material no formará papel de buena calidad, debido a que las fibras son extremadamente rígidas y poco flexibles [12].

| Índice Coeficiente | Relación | Valor | Valor (Agarwal, 1992) (Medina y Ciaramello, 1996) |
|---------------------------------|----------|-------|---------------------------------------------------|
| Relación de Runkel | 2W/l | 0.483 | 0.731 |
| Coeficiente o índice de rigidez | 2W/D | 0.318 | 0.410 |
| Coeficiente de flexibilidad | l/D | 0.681 | 0.560 |

Tabla 4. Índices morfológicos de las fibras del *R. communis* L.

Los resultados obtenidos del proceso de cocción a la sosa (Tabla 5), respecto al rendimiento alto, número de Kappa bajo y viscosidad alta (indicadores viables para el tratamiento de blanqueo) mostraron que el tratamiento T1 fue el mejor.

| Tratamiento | Rendimiento % | Número de Kappa | Viscosidad cp |
|-------------|---------------|-----------------|---------------|
| T1 | 50.8 | 32.8 | 43.5 |
| T2 | 37.7 | 95.1 | 23.6 |
| T3 | 46.8 | 49.9 | 41.1 |
| T4 | 41.5 | 75.0 | 10.7 |

Tabla 5. Características de la pulpa sin blanquear.

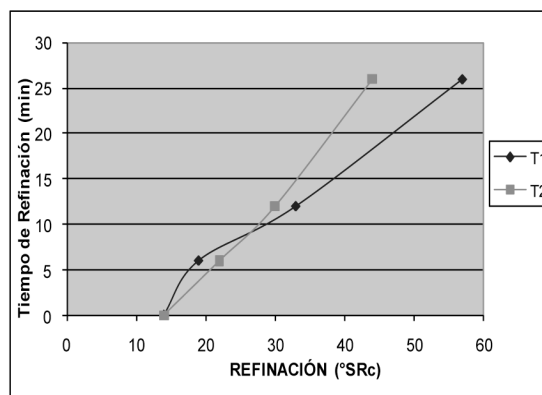
Por otro lado se puede observar en la tabla 6 que las resistencias fisicomecánicas determinadas en los tratamientos sin blanqueo, fueron mayores en el nivel de refinación con 26 minutos; quedando los tratamientos T2-26 y T4-26 con los mejores índices de resistencia.

| Tratamiento | Índice Explosión kPa.m ² /g | Índice Rasgado Nm ² /kg | Índice Tensión Nm/g |
|-------------|----------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| T1-26 | 4.8 | 1.5 | 66.9 |
| T2-26 | 6.2 | 1.5 | 69.8 |
| T3-26 | 5.4 | 1.5 | 61.2 |
| T4-26 | 5.9 | 1.6 | 70.5 |

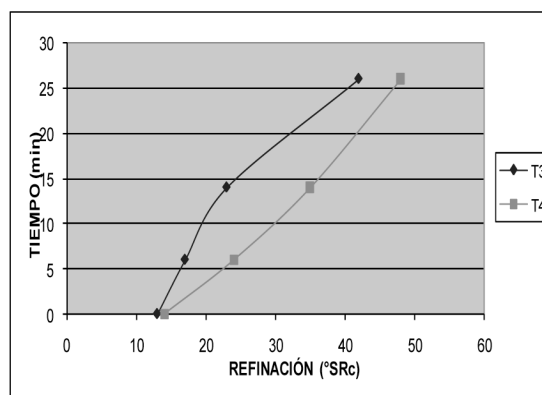
Tabla 6. Características fisicomecánicas de la pulpa sin blanquear.

En la prueba de resistencia a la explosión, el tratamiento T2-26 (6.2 kPa.m²/g) comparado con otros trabajos, en donde reportan para este mismo vegetal valores que van desde 4.1 a 4.6 kPa.m²/g [7] y 7.3 a 9.9 kPa.m²/g [8], podemos decir que los valores obtenidos aquí se encuentran dentro de estos niveles. En el caso del índice de tensión, los mejores resultados fueron en los tratamientos T2-26 (69.8 N.m/g) y T4-26 (70.5 N.m/g), superiores a los obtenidos en otro estudio [8] en donde reportan valores entre 50 y 65 N.m/g. Sin embargo para el índice de rasgado el valor más alto fue en el tratamiento T4-26 (1.6 Nm²/Kg); muy inferior a los obtenidos en otro estudio [8] en donde se reportan valores entre 6.6 y 6.9 Nm²/Kg.

En las gráficas se representa el incremento del grado de refinación (°SR) por unidad de tiempo (min.), en donde se observa que los tratamientos T1-26 (58 °SR) gráfica 1 y T4-26 (50 °SR), gráfica 2, presentaron los valores de refinación más altos, por lo tanto, también son los que menor energía de refinación requieren.



Gráfica No. 1 Tratamiento T1-26



Gráfica No. 2 Tratamiento T4-26

Los resultados de las propiedades fisicomecánicas del tratamiento blanqueado T1B-26 comparada con las propiedades fisicomecánicas del tratamiento T1-26 (pulpa sin blanquear), se presenta en la tabla 7, observándose que los índices de explosión (4.8 kPa.m²/g) e índice de rasgado (1.5 Nm²/kg) del tratamiento T1-26 fueron inferiores a los índices de explosión, y rasgado obtenidos en el tratamiento blanqueado T1B-26, sin embargo, el índice de tensión (66.9 Nm/g) sí fue superior al del tratamiento T1B-26.

| Tratamiento | Índice explosión kPa.m ² /g | Índice rasgado Nm ² /kg | Índice tensión Nm/g |
|-------------|----------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| T1B - 26 | 4.9 | 1.8 | 61.6 |
| T1-26 | 4.8 | 1.5 | 66.9 |

Tabla 7. Resistencias fisico-mecánicas de pulpa blanqueada T1B-26

Las diferencias de resistencia fisicomecánica encontradas en la pulpa blanqueada se explican por una deslignificación significativa de la pared exterior de las fibras y también por la eliminación de carbohidratos de la pared celular interior durante las diferentes

etapas de blanqueo. Normalmente, el tratamiento de blanqueo genera un incremento o disminución en las propiedades fisicoquímicas de las fibras al ser atacada la pared celular y modificar su estructura fisicoquímica, principalmente la flexibilización y el contenido de carbohidratos de cadena corta y probable degradación de la celulosa.

Los resultados del % blancura y % opacidad determinados en hojas sin refinar y refinadas, con secado y sin secado, presentan valores aceptables para las muestras de papel sin refinar con secado (T1B) y muy buena para la muestra de papel sin refinar y sin secado (T1B), según podemos observar en la tabla 8.

Tabla 8. Blancura y opacidad del papel blanqueado de *Ricinus communis* L.

| Muestra de papel | Blancura % | Opacidad % |
|----------------------------|------------|------------|
| T1B Sin refinar con secado | 82.68 | 89.85 |
| T1B26 Refinada con secado | 78.87 | 79.47 |
| T1B Sin refinar sin secado | 86.86 | 99.06 |

Los resultados de viscosidad de las muestras de pulpa sin blanquear del tratamientos T1 (tabla 9), son altos en comparación con el promedio obtenido en otro estudio en tres de sus tratamientos (10.7 cp). En el caso del T1B con una viscosidad (10.2 cp) es muy similar a los resultados obtenidos en dicho estudio, sin embargo la pulpa utilizada fue sin tratamiento de blanqueo [5].

| Tratamiento | Viscosidad (cp) |
|------------------------|-----------------|
| T1 pulpa sin blanquear | 43.49 |
| T1B pulpa blanqueada | 10.75 |

Tabla 9. Viscosidad de las pulpa sin blanquear y blanqueada de *Ricinus communis* L.

Respecto a las propiedades fisicomecánicas, ópticas y de viscosidad reportadas para pulpas blanqueadas a nivel industrial, se evaluaron 2 pulpas de la empresa papelera Scribe de Morelia Michoacán, denominadas fibra corta y fibra larga utilizadas para fabricar papel bond.

Comparativamente en la tabla 10 se observa que el tratamiento de refinación para un mismo grado de refinación (°SR) es mayor para las pulpas industriales (16 y 30 minutos), esto indica mayor consumo de energía en los refinadores. Por otro lado las pulpas de Ricinus son más fáciles de refinar (8 y 12 minutos).

| Tipo de pulpa blanqueada | Tiempo refinación (minutos) | Grado de refinación (°SR) |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Ricinus a la sosa | 8 | 26 |
| Ricinis al sulfato | 12 | 26 |
| Fibra corta industrial | 16 | 25 |
| Fibra larga industrial | 30 | 26 |

Tabla 10. Comparativo del tratamiento de refinación para pulpas de Ricinus y pulpas industriales.

En la tabla 11 se puede observar que en promedio, el % de blancura en pulpas fue relativamente inferior en las pulpas de Ricinus (79.19 %) que las pulpas industriales (82.94 %). El % de opacidad fue más alto en el Ricinus (88.76 %) que el de las pulpas industriales (80.41 %). En el caso de la viscosidad, como se puede observar los valores de las cuatro pulpas es muy parecido (9.8 a 10.5 cP).

| Tipo de pulpa blanqueada | Blancura % | Opacidad % | Viscosidad cP |
|--------------------------|------------|------------|---------------|
| Ricinus a la sosa | 78.69 | 88.69 | 10.0 |
| Ricinis al sulfato | 79.66 | 88.83 | 10.5 |
| Fibra corta industrial | 84.87 | 83.17 | 10.5 |
| Fibra larga industrial | 81.02 | 77.66 | 9.8 |

Tabla 11. Comparativo de propiedades ópticas y de viscosidad para pulpas de Ricinus y pulpas industriales

En cuanto a las resistencias fisicomecánicas, se puede observar en la tabla 12 que el Índice de explosión, en promedio, las pulpas de Ricinus son relativamente superiores en esta resistencia (3.4 kPa.m²/g) a las pulpas industriales (3.11 kPa.m²/g). Sin embargo para el Índice de rasgado y tensión los valores son superiores en las pulpas industriales.

| Tipo de pulpa blanqueada | Índice Explosión (k.Pa.m ² /g) | Índice de Rasgado (N.m ² /g) | Índice de Tensión (N.m ² /g) |
|--------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Ricinus a la sosa | 3.45 | 4.73 | 62.87 |
| Ricinis al sulfato | 3.35 | 4.88 | 66.64 |
| Fibra corta industrial | 3.04 | 8.74 | 74.68 |
| Fibra larga industrial | 3.18 | 9.93 | 76.59 |

Tabla 12. Comparativo de propiedades fisicomecánicas para pulpas de Ricinus y pulpas industriales

Conclusiones

Se concluye que para el proceso de obtención de pulpa las condiciones óptimas se dan en 25 % reactivo, 160°C, 120 minutos de cocción y 26 minutos de refinación; el

tratamiento T1 fue el mejor en cuanto al rendimiento, número de kappa y viscosidad. Respecto al tratamiento de refinación, los tratamientos T1-26 con 58 °SR y T4-26 con 50 °SR presentaron los valores de refinación más altos.

Respecto a la comparación de resistencias físico-mecánicas de la pulpa T1B-26 con T1-26, se encontró que los índices de explosión, índice de rasgado y resistencia al doblez del tratamiento T1-26 (sin blanquear) fueron inferiores a los índices de explosión, rasgado y doblez obtenidos en el tratamiento T1B-26. Por otro lado, los resultados de blancura, opacidad y viscosidad determinados en la pulpa blanqueada con secuencia [OD (OP) D] no degradó las propiedades de la pulpa, por lo cual se puede concluir que técnicamente esta especie sí es viable para su aplicación en papel bond.

La composición química del tallo del *Ricinus communis* L presentó alto contenido de extraíbles y cenizas, muy buen nivel de carbohidratos (holocelulosa) y excelente contenido de alfa celulosa, lo cual sugiere buen papel.

Sobre el análisis macroscópico y micrográfico se encontró que los anillos de crecimiento no están bien definidos, su tejido es poroso, ligero y blando. En el análisis micrográfico se observó relativamente poca fibra (40 %) con paredes delgadas (4.4 µm) y una longitud de 1.05 mm, poco parénquima leñoso (10 %), un alto contenido de parénquima radial (36 %) y vasos (14 %).

El índice Runkel, el coeficiente de flexibilidad y el coeficiente de rigidez indican que estas fibras están dentro de valores para formar papel de buena calidad.

Comparativamente las pulpas blanqueadas de *Ricinus communis* L. presentaron buena aptitud al tratamiento de refinación, además de obtener una blancura, opacidad y viscosidad aceptables con respecto a los valores obtenidos en pulpa industrial.

Sin embargo, las propiedades de resistencia estuvieron por debajo de las resistencias de la pulpa blanqueada industrial, principalmente en los índices de rasgado y tensión.

Finalmente podemos decir que se puede sugerir a este vegetal como una fuente de pulpa celulósica para utilizarla como componente o relleno en la fabricación de papeles que no requieren alta resistencia físico-mecánica como lo es el papel bond.

Referencias

- [1] Johnston D. (1989). *La madera clases y características*. Editorial CEAC Barcelona España.
- [2] Sánchez L. E (2006). *La higuera (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.
- [3] Nagaty A. et al. (1982). Alkaline pulping of Ricinus communis and paper made therefrom. Cell. Paper Lab., Natl. Research Center; Cairo Egypt *Cellulose chemistry and technology*, 16 (5), 523-31.
- [4] Agarwal, A. K., Bansal, A. K., Ansari, M. N., Jain, M. C., Upadhyaya, J. S., (1992), Non-wood fibrous plants for pulp and paper manufacture (*Adhatoda vasica*, *Ipomea carnea* and *Ricinus communis*) a chemical and anatomical studies, *Chemica Acta Turcica*, 20(3), 253-258.
- [5] Escoto G. T., Fernández C. B. Ch. A., Esquivel R. M. E., Rodríguez R. A., Vargas R. J. (2012) Optimización de mezclas fibrosas de *Ricinus communis* L. y *Triticum sativum* a la sosa para papel corrugado. *Conciencia Tecnológica* No. 44 año 16, julio – diciembre 2012, 51-55.
- [6] Escoto G. T., Morales C. S., Rodríguez R. A., Anzaldo H. J. (2010) Diseño Factorial de un proceso alcalino para obtener celulosa de higuera (*Ricinus communis* L.) y su aplicación en cartón ondulado. *Conciencia Tecnológica* No. 40 año 14, julio – diciembre 2010, 15 -19.
- [6] Escoto G. T., Fernández C. B. Ch. A., Esquivel R. M. E., Rodríguez R. A., Vargas R. J. (2012) Optimización de mezclas fibrosas de *Ricinus communis* L. y *Triticum sativum* a la sosa para papel corrugado. *Conciencia Tecnológica* No. 44 año 16, julio – diciembre 2012, 51-55.
- [7] Escoto G. T., Orihuela E. R. Rutiaga Q. J. G, Rodríguez R. A. y Rivera P. J. J. (2013) Optimización de mezclas fibrosas de *Ricinus communis* L. y *Triticum sativum* a la sosa para papel corrugado. *Congreso Forestal Saltillo* año 16, julio – diciembre 2012, 51-55.
- [8] Sanjuán D. R. (1997). *Obtención de pulpas y propiedades de las fibras para papel*. Editorial Universidad de Guadalajara.
- [9] Esquivel R. M. E., Escoto G. T., Fonseca J. A. J., Mogollón G., Rodríguez R.A. (2007) Caracterización química y determinación de los índices de calidad de pulpa para papel del Ricinus communis L. Memorias en extenso del *Congreso mexicano de recursos forestales*. Morelia Michoacán octubre 2007, 1- 6.
- [10] Ilic J. (1991). *Csiro atlas of Hardwood*. Editorial Springer - Verlag Australia. Pág. 525.
- [11] Medina, J. C., Ciaramello, D., 1966, Castor stems (*Ricinus communis*) as a source of chemical pulp for paper, *Papel*, 27(June), 26-30.
- [12] Tamarit U., J. C., (1996), Determinación de los índices de calidad de pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas. *Maderas y Bosques* 2(2). 29-41.

Recibido: 5 de noviembre de 2013
Aceptado: 21 de marzo de 2014