
Manejo, estudio y evaluación del *Ricinus communis* L. con vista a su aprovechamiento integral en papel corrugado, pseudopapel de corteza y extractos de hojas.

T. Escoto-García^{1*}, A. Rodríguez-Rivas¹; S. G. Díaz-Ramos¹; H. G. Ochoa-Ruíz¹
y A. Uribe-García²

¹Departamento de Madera Celulosa y Papel (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara. Predio las agujas Km 15.5 carretera a Nogales en Zapopan, Jal. C.P 45020, Teléfono (33) 36 82 01 10 ext. 129 Fax (33) 36 82 06 43.

²Tesista de Ingeniería Química (CUCEI), Universidad de Guadalajara Blvd. Marcelino García Barragán No. 1451 C.P. 44430 Guadalajara, Jalisco Teléfono (33) 13785000.

Management, study and evaluation of the *Ricinus communis* L. with view your usae integral in paper board, pseudopaper bark and leaves extracts.

Abstract

Two strategies were handled, in the first seeds were sown in field of *Ricinus sangris* (Rs) and *Ricinus verdis* (Rv). The second was planted only Rs in the nursery (3 months), then transplants in experimental field. During the first strategy for seed Rs average growth was 40 cm and 82.8% of survival, although for seed Rv was 30 cm and 33.3%; at the end of the second half, the survival of Rs decreased to 18.5% and Rv not survived. In the second strategy with Rs seed germination was 98%, its growth in a half reached the 75 cm, and its growth in the second half was 1.35 m with 68% survival (for two years). On the integral approach; stem were optimized treatments with NaOH (16-25%) temperature (150-170 °C) and cooking time (90-150 minutes) for the production of pulp and paper to corrugate in where the property of compression reported values from 215.8 to 238.7 N. Bark treatments were carried out to develop pseudopapel, from your cooking (1-4 hour) with NaOH (5-15%) and Na₂S (5-15%), where were pseudopapel 60% yield. The extraction of leaves was carried out from the optimization of organic solvents 3 (acetone, methanol and dichloromethane) being added methanol with KOH to 25% that showed best performance (15%).

Key words: integral approach, *Ricinus communis* L., cellulose and paper, bark paper, leaf extracts.

Resumen

Se manejaron dos estrategias, en la primera se sembraron en campo semillas de *Ricinus sangris* (Rs) y *Ricinus verdis* (Rv). En la segunda se sembró solo Rs en vivero (3 meses), luego se trasplanto en campo experimental. Durante la primer estrategia el crecimiento promedio para semilla Rs fue de 40 cm y 82.8 % de sobrevivencia, aunque para semilla Rv fue de 30 cm y 33.3 %; al final del segundo semestre, la sobrevivencia de Rs disminuyó hasta el 18.5 % y Rv no sobrevivió. En la segunda estrategia con semilla Rs, la germinación fue de 98 %; su crecimiento en un semestre alcanzó los 75 cm, y en el segundo semestre su crecimiento fue de 1.35 m con 68 % de sobrevivencia (hasta dos años más). Sobre el aprovechamiento integral; del tallo se optimizaron tratamientos con NaOH (16-25 %) temperatura (150–170 °C) y tiempo de cocción (90–150 minutos) para la obtención de celulosa y papel para corrugar en donde las propiedades de compresión reportaron valores desde 215.8 a 238.7 N. De la corteza se realizaron tratamientos para elaborar pseudopapel, a partir de su cocimiento (1–4 h) con NaOH (5–15 %) y Na₂S (5–15 %), obteniendo rendimientos en pseudopapel hasta del 60 %. La extracción de las hojas se llevó a cabo a partir de la optimización de 3 solventes orgánicos (metanol, acetona y diclorometano) siendo el metanol adicionado con KOH al 25 % el que mejor rendimiento presentó (15 %).

*Autores de correspondencia
Email: tescoto@udg.edu.mx

Palabras clave: aprovechamiento integral, *Ricinus communis* L., celulosa y papel, papel de corteza, extractos foliares.

Introducción

Sobre la siembra, plantación y manejo del *Ricinus communis* L. Soares (2003) menciona que ésta es una planta heliófila cultivada en ambiente semiárido (subtropical) con temperaturas entre 20 y 30° C, requiere de una precipitación pluvial media anual de 500 mm, sin embargo, en condiciones de escasez de agua no es capaz de desarrollarse, además, se menciona que aún siendo tolerante a la sequía y que puede producir con poca disponibilidad de agua, es muy exigente en la fertilidad del suelo y tiene mejor producción de semilla si tuviera riego. Por otro lado Higueroil (2011), reporta que ésta planta requiere de agua, únicamente durante su primer periodo de crecimiento 40 a 50 días después de su germinación, ya que posteriormente desarrolla un vigoroso sistema radicular, lo que le permite bajar significativamente sus requerimientos de agua; en cuanto al requerimiento de luz solar, este se encuentra entre 1500 a 2500 h de sol anuales principalmente en la formación de las inflorescencias. El *Ricinus* es una planta arbustiva de 2.5 a 5.5 m de altura, de tallo erecto de 6 a 20 cm de diámetro, cubierto con una corteza frágil de 1.5 a 3.5 mm de espesor. Tiene hojas de forma estrellada con nervaduras rojizas y bordes dentados; su fruto consiste en racimos de capsulas ovaladas de 1 a 2 cm de diámetro con espinas superficiales y en su interior 3 semillas de tipo ovalado.

El uso y aplicación de esta planta esta reportado principalmente para la semilla, en la actualidad el *Ricinus comunis* L. es cultivada en India, China, Colombia y Brasil; en México el cultivo de la higuierilla es poco conocido (Sánchez, 2006), aunque se cultiva a nivel comercial asociada al cultivo de maíz en Michoacán y los valles de Oaxaca (3500 ha, con rendimientos de 500 kg/ha).

Sobre el aprovechamiento del tallo de higuierilla en celulosa para papel existen referencias sobre su tratamiento químico para la obtención de pulpa y papel (Nagaty, 1982) (Medina, 1996) (Agarwal, 1992); normalmente para fabricar a nivel industrial, tanto papel liner y corrugado, se han usado fibras largas de coníferas (pinos), y fibras cortas provenientes de maderas duras o latifoliadas (muy

similares a las fibras de *Ricinus communis*). Para el aprovechamiento de la corteza, en este estudio se propuso su aplicación como fuente fibrosa liberiana para elaborar proptopapel de corteza o papel amate (Escoto, 2006). Sobre la aplicación de los residuales o desechos de las hojas existe información sobre la toxicidad de extractos de hojas vegetales diversas, utilizados como repelentes, fungicidas, biocidas e insecticidas (Pita, 2004) (Pérez, 2004) (Pascual, 1998).

Materiales y método

El manejo consistió en realizar previamente pruebas de germinación y posteriormente la aplicación de dos estrategias metodológicas; En la primer estrategia (2006/2008) se llevó a cabo mediante la preparación del terreno en bosque escuela (0.5 ha), ubicado en el La primavera, cercano a Cuxpala Jalisco, con un clima semicálido a subhúmedo, temperatura media anual 18.5° C que oscila entre los 4° C y 35°C, con una altitud media de 1480 msnm. Las características del suelo presenta una textura arenoso-arcilloso, con un contenido de materia orgánica de 2.12 % y un pH de 6.1 (método Walkley-Black). El terreno se dividió en dos secciones para sembrar las dos variedades de semilla Rs y Rv. Se trazaron para semilla Rs, 5 líneas verticales con espaciamiento de 4 m y 14 líneas horizontales con espaciamiento de 3 m, sembrándose 2 semilla por sepa (140 semillas). Para semilla Rv (mismo terreno), se trazaron 5 columnas verticales con espaciamiento de 8 m y 12 líneas horizontales con espaciamiento de 4 m, sembrándose 3 semillas por sepa (90 semillas).

En la segunda estrategia (2008/2011) se sembró y germinó (Rs) en vivero (hasta 3 meses), monitoreando su germinación y crecimiento. Posteriormente se plantó en campo Bosque escuela; trazando 8 líneas verticales con espaciamiento de 4 m y 18 filas horizontales con espaciamiento de 3.5 m, plantándose 139 higuierillas. El estudio incluyó, medir el porcentaje de germinación, porcentaje de sobrevivencia, medición de la altura y diámetro de la planta (Figura 1), fertilización (Figura 2) y poda (Figura 3) durante 2 años para tratar de inducir el

crecimiento y engrosamiento del tallo.



Figura 1. Medición de altura del *Ricinus* estrategia II.



Figura 2. Fertilización parcial del *Ricinus* estrategia II.



Figura 3. Poda en la plantación de *Ricinus* estrategia II.

La evaluación de la plantación y los tratamientos para el procesamiento del tallo, corteza y hojas para obtener fibra celulósica, pseudopapel de corteza y

extractos foliares (aprovechamiento integral), se practicaron en laboratorio y planta piloto del Departamento de madera celulosa y papel de la Universidad de Guadalajara, en un espécimen de higuerrilla con tallo de 14 cm de diámetro y 4.5 m de altura como se puede observar en la figura 4.



Figura 4. Especimen del *Ricinus* para pruebas de aprovechamiento integral.

Con respecto al aprovechamiento del tallo de higuerrilla, éste se planteo a partir de un diseño factorial 2^3 bajo las condiciones dadas en la tabla 1; se establecieron ocho tratamientos para la cocción y obtener pulpa a la sosa para cartón corrugado, llevándose a cabo en un digestor (Figura 5), en donde las astillas, después de cocidas, fueron desfibradas en un refinador de discos Sprouth Waldron, y posteriormente fueron depuradas en una criba de diafragma Lorentzen Wettre.

Tabla 1. Condiciones para la obtención de pulpa celulósica a partir del tallo de *Ricinus communis* L.

Carga de astillas de <i>Ricinus communis</i> b.s.*	100 g hasta 635 g
Alcalí Activo, respecto a la carga de material fibroso b.s.	16 hasta 30 % NaOH
Relación: Licor/Madera	5/1
Temperaturas máximas de cocción	140 hasta 175 °C
Tiempo a temperatura máxima	90 hasta 150 min.

*b.s. (base seca)

La evaluación y elección de las pulpas fue mediante curvas de refinación en un molino Jokro con tiempos de 0, 6, 12, 18 y 22 minutos (Escoto, 2010); formando hojas de papel estándar en equipo Tappi. Las pruebas fisicomecánicas realizadas a las hojas de papel estándar fueron para elegir las pulpas que

se utilizaron en la fase de fabricación del papel para corrugar y fueron las siguientes: Calibre Tappi 411, porosidad Tappi 460, rasgado Tappi 414, doblez Tappi 423, explosión Tappi 403 y tensión Tappi 404.



Figura 5. Digestores para la obtención de celulosa de *Ricinus*.

Las pruebas de compresión (Figura 6) para el corrugado fueron las siguientes RCT Tappi 818 (Ring Crush Test), CMT Tappi 809 (Concora Medium Test), CCT Tappi 824 (Crush Corrugating Test).



Figura 6. Pruebas de compresión en papel corrugado.

Respecto al tratamiento de la corteza para pseudopapel (Figura 7), éstas se cocieron bajo las condiciones dadas en el tabla 2, las cortezas cocidas (Figura 8), se lavaron hasta extraer completamente el reactivo; luego se procedió a su deshebrado o desfibración manual, luego, se llevó a cabo la formación de la hoja de amate, mediante el acomodo de las fracciones de corteza y

procedimiento de aplastado y extendido con una piedra basáltica hasta tener cubierta toda el área de la hoja (Figura 9); posteriormente se dejó secar al ambiente (Figura 10), de acuerdo a Escoto (2006).



Figura 7. Cortezas de *Ricinus*

Tabla 2. Condiciones para la obtención de pseudopapel de la corteza de *Ricinus communis* L.

Carga de cortezas de <i>Ricinus communis</i> b.s.*	100 g hasta 200 g
Hidróxido de sodio y/o Sulfito de sodio	5 hasta 15 %
Relación: Licor/Madera	10/1
Temperaturas de cocimiento	100 °C
Tiempo de cocimiento	1 hasta 4.5 horas

*b.s. (base seca)



Figura 8. Cocimiento de las cortezas de *Ricinus*



Figura 9. Formación del pseudopapel de corteza de *Ricinus*



Figura 10. Pseudopapel de corteza de *Ricinus*

La evaluación del pseudopapel amate se llevo a cabo mediante la determinación de pruebas funcionales o cualitativas de apariencia superficial y manejo del pseudopapel, tales como la textura superficial (rugosidad o lisura al tacto), apariencia superficial (dibujo, veteado, jaspeado), solidez del pseudopapel (rigidez y carteo), estabilidad dimensional (contracción y abarquillamiento), además de evaluar su rendimiento en pseudopapel con respecto a la corteza.

La obtención de los extractos de las hojas se realizó bajo las condiciones dadas en el tabla 3, mediante el muestreo de hojas de la plantación en campo experimental Bosque escuela, secado al ambiente (Figura 11) y molido de las hojas de *Ricinus communis*, para posteriormente aplicar el tratamiento de extracción con 3 diferentes solventes (acetona, metanol y diclorometano) y una mezcla en 33 % de los tres solventes (Figura 12), adicionalmente se aplicó 40 ml KOH para favorecer el % de extracto.

La evaluación de los extractos se realizó en función del % en sólidos totales contenidos en cada tratamiento de extracción con cada solvente y mezcla de solventes; Una vez obtenidos los extractos (Figura 13), estos se aplicaron en diferentes concentraciones (bioensayos) para evaluar la respuesta de repelencia en hormigas.

Tabla 3. Condiciones para la extracción de las hojas de *Ricinus comunis* L.

Harina de hoja <i>Ricinus communis</i>	40 g b.s.*
Acetona, Metanol y Diclorometano	150 hasta 400 ml
Hidróxido de potasio	40 ml
Maceración	2 hrs.
Tiempo de extracción a temperatura ambiente	24 hasta 72 hrs.

*b.s. (base seca)



Figura 11. Secado de las hojas de *Ricinus*



Figura 12. Extracción de las hojas de *Ricinus*



Figura 13. Extractos de las hojas de *Ricinus*

Resultados

Los resultados obtenidos nos indicaron que para la primera estrategia (2006/2008), la germinación se

dio entre 12 y 22 días, el crecimiento de la planta fue de 40 cm durante el primer semestre; durante el segundo semestre que incluyó el invierno y estiaje, la plantación disminuyó su sobrevivencia hasta menos del 10 %. En la segunda estrategia (2008/2011), la germinación en vivero fue de 96.42 % en 11 y 24 días. Su crecimiento en un semestre (ya trasplantada) alcanzó en promedio 1.14 m (0.63 a 2.2 m) y sobrevivencia del 88 %; al final del segundo semestre, incluido el invierno y estiaje, alcanzó una altura promedio de 1.25 m (0.68–2.45 m), con 85 % de sobrevivencia. Para el tercer semestre la planta alcanzó una altura promedio de 1.71 m (0.78–2.87 m) y una sobrevivencia del 78 %, para el cuarto semestre la planta presento una altura de 1.97 m (1.15–4.43 m) y una sobrevivencia de 74 %. Después del segundo año, la planta alcanzó una altura de 1.81 m (0.80–2.88 m) y 22 % de sobrevivencia. Con respecto al diámetro promedio del vegetal alcanzado durante los dos años (Figura 14), éste fue de 39 mm (12-74.6 mm).

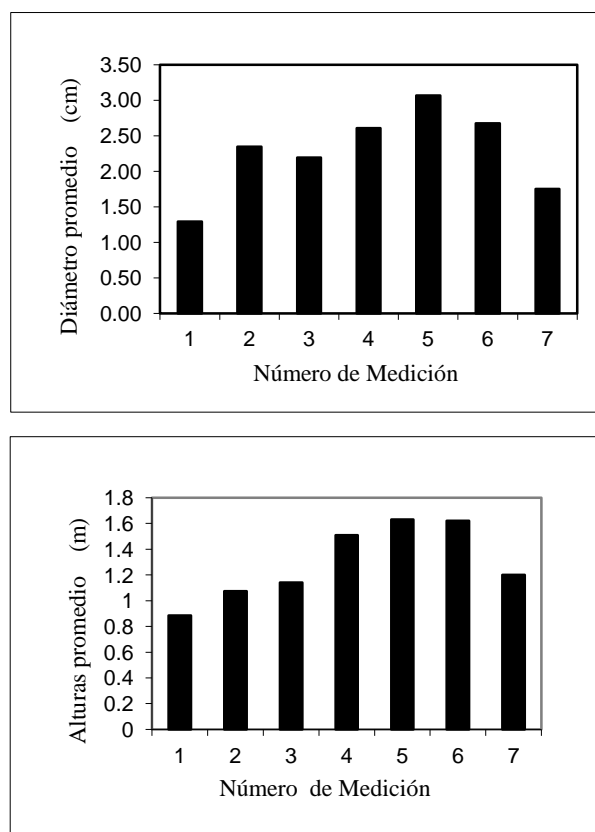


Figura 14. Mediciones de diámetro (promedio) y altura realizadas en la plantación de higuera (*Ricinus communis* L.) durante la estrategia 2008–2011.

Discusión

Los resultados del aprovechamiento del tallo de *Ricinus*, en cuanto a las pruebas funcionales de compresión en el papel ondulado a partir de hojas estándar de 150 g m⁻²; en la prueba CMT (Figura 15) los tratamiento T818 y T718 reportaron los valores más altos (238.7 y 235 N). La prueba RCT (Figura 16) presentó su mejor resultado en el tratamiento T412 y T712 (1.911 y 1.86 kN m⁻¹). En la prueba CCT (Figura 17) el tratamiento T722

presentó el valor más alto (0.80 kN m⁻¹), seguido por T822 y T718 (0.76 y 0.78 kN m⁻¹).

Se puede mencionar que el tiempo de refinación influyó determinantemente en las propiedades de compresión; para CMT se obtuvieron mejores resistencias en 18 minutos, para RCT con 12 minutos y para CCT con 18 y 22 minutos.

Los resultados obtenidos de los tratamientos de la corteza del *Ricinus* T1 (NaOH 5 %, CaOH 5 %) y T2 (NaOH 5 %, Na₂SO₃ 5 %) con 10 y 15 % de hipoclorito de sodio respectivamente, son los que

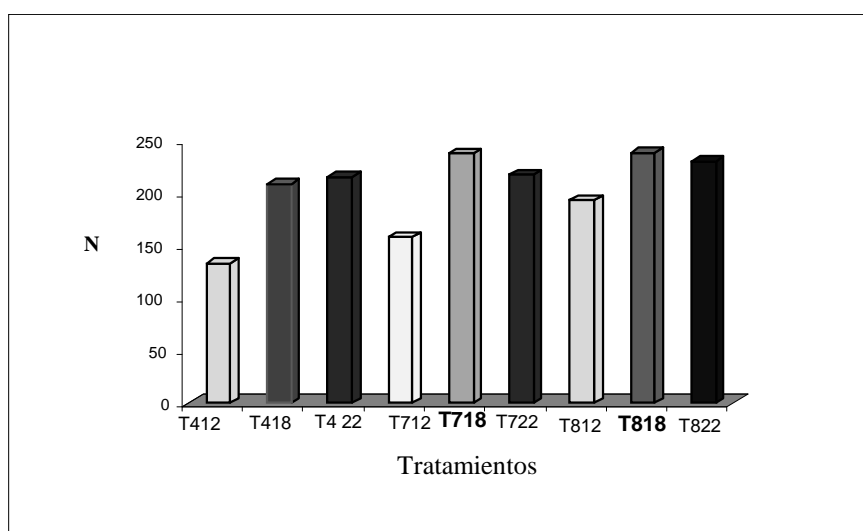


Figura 15. Resistencia del papel corrugado a la compresión en plano (Concora Medium Test–CMT) en N.

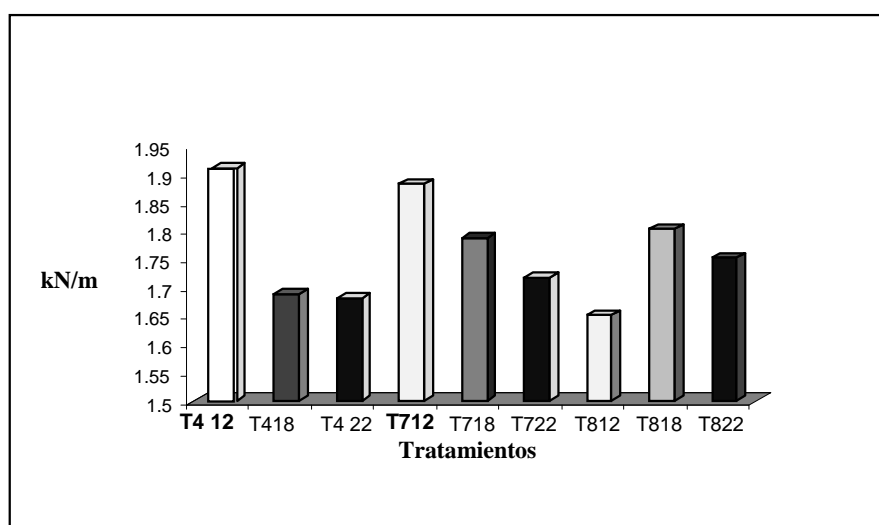


Figura 16. Resistencia del papel a la compresión lateral en anillo (Ring Crush Test - RCT en kN m⁻¹).

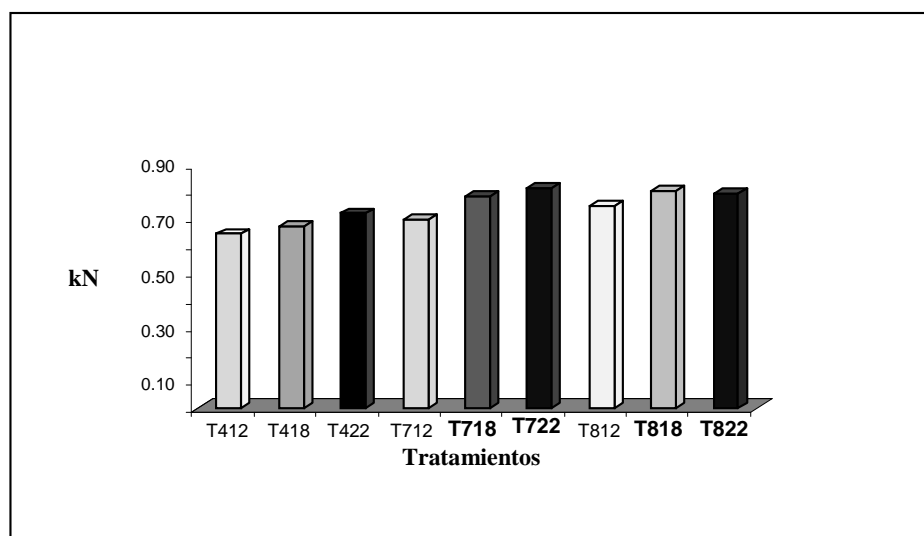


Figura 17. Resistencia del papel corrugado a la compresión lateral (Corrugated Crush Test-CCT) en kN.

presentaron mejores propiedades fisicomecánicas (Tabla 4). Por otro lado el tratamientos T2 (NaOH 10 %, Na₂SO₃ 5 % en dos secuencias y 15 % hipoclorito de sodio, presento las mejores características de apariencia y textura superficial como la lisura, rigidez, veteado y aclaración.

Respecto al contenido de sólidos en las hojas de *Ricinus*, determinados en los extractos con metanol, acetona, diclorometano, mezcla de los tres en 33 %

y con hidróxido de potasio (Tabla 5); se puede apreciar que el solvente con mayor contenido de sólidos fue el tratamiento TM 100 (16.40 %) y el tratamiento TMAD 33 (11.64 %). En cuanto a los mismos tratamientos con KOH, se puede observar que se incrementó en todos los tratamientos entre 25 y 30 % el contenido de sólidos respecto a los tratamientos que no se les aplicó KOH.

Tabla 4. Características del pseudopapel de corteza de *Ricinus communis* L.

Muestra de pseudopapel	Calibre (mm)	Porosidad (s/100c ³)	Dobles (N°)	I.E. kPa.m ² g ⁻¹	I.T. (Nm g ⁻¹)	I.R. (Nm ² kg ⁻¹)
Tratamiento 1	0.23	1.2	1	0.51	5.31	5.61
Tratamiento 2	0.35	2.5	1	1.05	8.93	11.72
Amate comercial	0.20	23.0	95	0.61	2.62	15.32

Tabla 5. Contenido de sólidos de las extracciones en solventes de las hojas de *Ricinus communis* L.

Tratamientos sin KOH	Sólidos %	Tratamientos con KOH	Sólidos %
TM 100 ^a	16.40	TMK 100	20.28
TA 100 ^b	7.06	TAK 100	11.25
TD 100 ^c	7.20	TDK 100	10.36
TMAD ^d 33	11.64	TMADK 33	17.55

^ametanol

^bacetona

^cdiclorometano

^dmezcla con 33 % de cada solvente

Conclusiones

De la primer estrategia (2006–2008) se concluye que ésta no funciono, ya que a un año sobrevivió menos del 10 % de las plantas de *Ricinus* sembradas en campo (no se pudo medir su crecimiento). La segunda estrategia (2008–2011) fue la que presentó mejores resultados; en cuanto a germinación en vivero la semilla Rs fue entre 14 y 24 días con el 96.46 % sobrevivencia. El manejo en bolsa permitió que la planta soportara la estación de invierno y estiaje. Para el primer año su crecimiento alcanzo entre los 0.68 m a 2.45 m y una sobrevivencia de 85 %; para el segundo año la planta presento entre 1.15 m y 4.43 m con una sobrevivencia del 74 %. Posterior a este segundo año, la planta presentó un crecimiento de 0.80 m a 2.88 m y una sobrevivencia del 24 %. Su crecimiento diametral fue entre 12-74.6 mm (se esperaba fuera por encima de 110 mm).

Las pulpas con las mejores propiedades fisicomecánicas para cartón ondulado, fueron las obtenidas en los tratamientos T412, T712 y T818, en hojas con 150 g m⁻². En las pruebas de compresión con 150 g m⁻² se observó que para CMT el tratamiento T818 con 18 minutos de refinación, obtuvo el mejor resultado; para RCT el tratamiento T412 con un tiempo de refinación de 12 minutos y para CCT el tratamiento T712 con un tiempo de refinación de 22 minutos, fueron los mejores.

Los tratamientos de la corteza del *Ricinus* T1 y T2 son los que presentaron mejores propiedades fisicomecánicas. Aunque el tratamientos T2 en dos secuencias presento las mejores características de apariencia y textura superficial (lisura, rigidez, veteado y aclaración).

El contenido de sólidos en las hojas de *Ricinus communis* presentaron mayor contenido en los tratamiento TM 100 y TMAD 33. Se observó que la adición de KOH incrementó en todos los tratamientos entre 25 y 30 % el contenido de sólidos respecto a los tratamientos que no se les aplicó KOH.

Agradecimientos

Programa de Concurrencias Financieras para la Investigación y Proyectos Especiales Emergentes. Proyecto No. 100928/Procofin).

CUCEI/FIP-PROCOFIN
CGA/CIP/UI/0568/2009

Coordinación General Académica. Universidad de Guadalajara.

Departamento de madera celulosa y papel. Centro de investigación en recursos forestales y biotecnología ambiental. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad de Guadalajara.

Bibliografía

- Agarwal Atul K., Bansal Arun K. 1992. Non-wood fibrous plants for pulp and paper manufacture (*Adhatoda vasica*, *Ipomea carnea* and *Ricinus communis* L.) chemical and anatomical studies. Birla Institute Technology. Sci., Pilani, India. *Chemica Acta Turcica* 20(3) pp. 26-30.
- Escoto García T, Morales Castro S, Rodríguez Rivas A, Anzaldo Hernández J. 2010. Diseño factorial de un proceso alcalino para obtener celulosa de Higuierilla (*Ricinus communis* L.) y su aplicación en cartón ondulado. *Revista Conciencia Tecnológica del Instituto Tecnológico de Aguascalientes*; Año 14, Número 40. Pp. 15-19.
- Escoto García T. 2006. Metodología para la fabricación de papel hecho a mano, amate y papiro. Amate editorial, Zapopan Jalisco México. Pp.43-57.
- Higueroil de Colombia. 2011. Cultivo de la higuierilla en www.karisma.org.co/fresno/sicializacionpg/ Pág. 1-5. Fecha de consulta noviembre 2011.
- Medina Julio C., Ciaramello Dirceu. 1996. Castor steams (*Ricinus Communis* L.) as a source of chemical pulp for paper. *Institute Agronomia do Campinas, Brazil. Papel June* pp. 26-30.
- Nagaty Ahmed., Samy Ibrahim., Mansour Olaft. 1982. Alkaline pulping of *Ricinus comunis* and paper made therefrom. *Cell. Paper Lab., Natl. Research Center; Cairo Egypt Cellulose chemistry and technology* 16 (5), Pág. 523-531.
- Pascual Villalobos M.J. 1998. Repelencia, inhibición del crecimiento y toxicidad de extractos vegetales *Biol Sanit. Veget. Plagas.* Pág 6. Murcia, España.
- Pérez Pacheco R. 2004. Toxicidad de aceites, esencias y extractos vegetales; *Revista Acta Zoo Mexicana*, Pág. 6 Xalapa, Veracruz, México.
- Pita Rene. 2004. Ricina; una fitotoxina de uso potencial, en *Revista de Toxicología*, Volumen.2 Pág. 7 Madrid, España.
- Sánchez Lupian L. 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.
- Soares Severino L., De Souza Gondim T. M. 2003. Curso sobre el cultivo de higuierilla, EMBRAPA – Brasil, 2003 Pág. 6 – 12.