



Madera y bosques

ISSN: 1405-0471

ISSN: 2448-7597

Instituto de Ecología A.C.

Gabriel-Parra, Rosalío; Rutiaga-Quiñones, José Guadalupe; Orihuela-Equihua, Rocío; Rivera-Prado, José de Jesús; Sanjuán-Dueñas, Rubén; Carrillo-Parra, Artemio
Calidad de pulpa Kraft de *Pinus pseudostrobus* L. obtenida a partir de astilla industrial
Madera y bosques, vol. 24, núm. 2, e2421816, 2018
Instituto de Ecología A.C.

DOI: 10.21829/myb.2018.2421816

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61760264022>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEM
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



Calidad de pulpa *Kraft* de *Pinus pseudostrobus* L. obtenida a partir de astilla industrial

Quality of Kraft pulp of *Pinus pseudostrobus* L. obtained from industrial chips

Rosalío Gabriel-Parra^{1*}, José Guadalupe Rutiaga-Quiñones², Rocío Orihuela-Equihua², José de Jesús Rivera-Prado³, Rubén Sanjuán-Dueñas³ y Artemio Carrillo-Parra⁴

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León, México.

² Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Morelia, Michoacán, México.

³ Universidad de Guadalajara. Departamento de Madera, Celulosa y Papel "Ing. Karl Augustin Grellmann". Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Zapopan, Jalisco, México.

⁴ Universidad Juárez del Estado de Durango. Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Durango, México.

* Autor de correspondencia. gamichi5@live.com.mx

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue incrementar el rendimiento y la calidad de la pulpa generada a partir de astilla industrial de *Pinus pseudostrobus* L. Se trabajó con la astilla industrial de la madera de *Pinus pseudostrobus* L. de la empresa SCRIBE planta Morelia, Michoacán, México. Las temperaturas empleadas fueron 165 °C y 170 °C, los tiempos de cocción 40 minutos y 80 minutos, cargas de reactivos de 18% y 22%. Las variables de respuesta fueron: rendimiento, número de kappa, rechazos y álcali residual de acuerdo con las normas TAPPI. Los resultados se analizaron aplicando un diseño experimental factorial. El rendimiento varió de 33% a 52%; el número de kappa de 11 a 40; los rechazos de 3.4% a 25.4% y el álcali residual de 3.1 g/L a 11 g/L. La maximización del rendimiento (54.8%) se obtuvo a una temperatura de 162 °C, tiempo de cocción de 40 minutos y carga de reactivos de 23%. La minimización de la variable número de kappa (11.2), se obtuvo a una temperatura de 166 °C, tiempo de cocción de 26 minutos y carga de reactivos de 19%. La minimización de los rechazos se presentó a una temperatura de 162 °C, 26 minutos de cocción y carga de reactivos de 19%. Por último, la minimización del álcali residual (4.9 g/L) se presentó a una temperatura de 169.18 °C, tiempo de cocción de 60.14 minutos y carga de reactivos de 20%. Las condiciones de operación en el proceso de cocción proporcionan un rendimiento de 50% con respecto al porcentaje de astilla inicial utilizada y un número de kappa de 15.8 menor en comparación con resultados de pulpas de especies de pino publicados.

PALABRAS CLAVE: álcali, cocciones, número de kappa, rechazos.

ABSTRACT

The objective of this research was to increase the yield and quality of the pulp generated from the industrial chips of *Pinus pseudostrobus* L. It was carried out with the industrial chips of the wood of *Pinus pseudostrobus* L. of SCRIBE Company in Morelia, Michoacán, México. The temperatures used were 165 °C and 170 °C, cooking times of 40 minutes and 80 minutes and loading of reagents of 18% and 22%. The response variables were: yield, kappa number, rejects and residual alkali according to the TAPPI standards. The results were analyzed using an experimental factorial design. Yield varied from 33% to 52%; kappa number of 11 to 40; The rejections from 3.4% to 25.4% and the residual alkali from 3.1 g/L to 11 g/L. The yield maximization (54.8%) gave a temperature of 162 °C, cooking time of 40 minutes and loading of reagents of 23%. Minimizing the kappa number variable (11.2) was obtained at a temperature of 166 °C, cooking time of 26 minutes and loading of reagents of 19%. Minimization of the rejections were presented at a temperature of 162 °C, 26 minutes of cooking and a load of reagents of 19%. Finally, the residual alkali minimization (4.9 g/L) was presented at a temperature of 169.18 °C, cooking time of 60.14 minutes and loading of reagents of 20%. The operating conditions in the cooking process provide a 50% yield relative to the initial chip percentage used and a lower kappa number of 15.8 compared to pulp results from published pine species.

KEYWORDS: alkali; cooking; kappa number; rejections.

INTRODUCCIÓN

El pulpeo químico al sulfato o *Kraft* es uno de los procesos de transformación química de la madera más importantes, debido a que representa deslignificaciones satisfactorias y altos rendimientos (Mariani y Torres, 2004). La remoción de lignina en

la mayoría de los géneros va de 90% a 95% (Kringstad, 1984); sin embargo, al utilizar especies del género *Pinus* se pueden formar incrustaciones y precipitaciones (pitch) por la presencia de resina (Rodríguez, 2005). Por lo anterior, se ha encontrado que el aprovechamiento real de celulosa por tratamiento químico de

árboles resinosos de los géneros *Abies* y *Pinus* es de 50% (Boeykens, 2006).

A escala mundial en el año 2015, la producción de pulpa de madera alcanzó los 173 millones de toneladas, lo que corresponde a un aumento de 1% con respecto al año 2014. La pulpa obtenida de otro tipo de fibras en el mismo año (2015) fue de 13 millones de toneladas presentando una reducción de 5% con respecto del año anterior (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017). Los países con mayor producción de composición de fibras son Estados Unidos de América, China, Japón, Canadá y Brasil (FAO, 2014).

La superficie forestal de México está cubierta de especies de coníferas y latifoliadas. Las coníferas cubren 88% de la superficie y son las más utilizadas en la producción de pulpa y papel (Paz, Solís, Ruiz y Torres, 2011). La más importante característica de las especies de madera del género *Pinus* por la que son destinadas a la producción de pulpa celulósica es su mayor longitud de fibras; una mayor longitud de fibras proporciona mayor resistencia al papel. Además el género *Pinus* es el más abundante en México, al existir 46 especies distribuidas en tres subespecies y 22 variedades. Por lo anterior, el enfoque para esta investigación fue determinar los valores óptimos de los parámetros del proceso de pulpa *Kraft* de la especie *Pinus pseudostrobus* para mejora en el porcentaje del rendimiento y aumento en el grado de deslignificación (número de kappa).

OBJETIVOS

El principal objetivo del presente trabajo fue definir una combinación de temperatura, tiempo de cocción y cargas de reactivo que proporcione el mayor rendimiento y calidad de la pulpa generada a partir de astilla industrial de *Pinus pseudostrobus* L., utilizando ocho combinaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material base y clasificación

La astilla residual de la madera de pino (*Pinus pseudostrobus* L.) se obtuvo de la empresa SCRIBE planta Morelia. La astilla residual se tamizó en una zaranda para obtener longitudes de 25 mm a 35 mm y espesores de 3 mm a 7 mm de acuerdo con lo establecido por Sanjuán (1997).

Cocción de fibras y análisis del licor

Las cocciones de las fibras se realizaron en un digestor tipo *bath* rotatorio. Se utilizaron cargas de 200 g de astilla húmeda, con una sulfidez de 20% y un álcali activo (Na₂O) de 96 g/L - 100 g/L a una relación de baño de 4:1. El proceso inicial de cocción se realizó a una presión de 245 kPa (2.5 kg/cm²), temperatura de 140 °C, por un período de 20 minutos, para lograr la penetración del licor. Al finalizar, el tiempo, la temperatura y carga de álcali se modificaron de acuerdo con los parámetros establecidos en las normas señaladas en la tabla 1. Posteriormente se enfriaron las fibras a temperatura ambiente para evitar un sobrecalentamiento (Sanjuán, 1993).

TABLA 1. Normas de la Asociación Técnica de la Industria de la Pulpa y Papel Technical (Association of Pulp and Paper Industry [TAPPI], 2000), empleadas para analizar la pulpa de *Pinus pseudostrobus* L.

Análisis de pulpa

Prueba	Norma
1.- Rendimiento	T 240 om-93
2.- No. de kappa	T 236 om-85
3.- Rechazos	T 204 om-88
4.- Análisis de licor residual	Método potenciométrico

El licor de cocción se analizó con el método de potenciómetro (Sanjuán, 1993). Los cálculos respectivos se indican como Na₂O en g/L (Libby, 1980).

Preparación de la pulpa

El lavado de la pulpa *Kraft* se realizó con un tamiz de metal con una abertura de 2.0 mm; se vertió abundante agua corriente, hasta la eliminación de casi la totalidad del licor residual. La pulpa se desintregó en un *pulper* de laboratorio, a una velocidad de 282.744 rad/s (2700 rpm), durante de un minuto, se evitó el destrozo de las fibras. La depuración se realizó en un depurador de laboratorio de forma cilíndrica y provisto de un agitador para la disolución de la pulpa en el agua. La homogeneización de la pulpa se realizó a 26.18 rad/s (250 rpm). Los rechazos, fueron secados en estufa y cuantificados gravimétricamente.



Análisis de pulpa Kraft

La pulpa celulósica se analizó según lo establecido en las normas presentadas en la tabla 1.

Diseño experimental

Los resultados obtenidos fueron analizados bajo un diseño experimental factorial 2³, siendo el factor A: temperatura máxima (165 °C y 175 °C), factor B: tiempo de cocción (40 min y 80 min) y factor C: carga de reactivos (18% y 22%); cada tratamiento constó de una repetición (Tabla 2). Para comparar los tratamientos, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza de 95% (Montgomery, 1991). Se utilizó un método factorial similar para determinar las influencias significativas de las variables (Escoto, Murillo, Rodríguez, Hernández y Rivera, 2015). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statgraphics versión 4 plus.

Adicionalmente se realizaron gráficas de Pareto para determinar el valor exacto de los factores temperatura, tiempo y carga de álcali que magnifican o minimizan las variables respuesta.

TABLA 2. Tratamientos realizados para la cocción de las fibras de *Pinus pseudostrobus* L. (Diseño experimental factorial 2³).

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Carga (%)
1	165	40	18
2	165	40	22
3	165	80	18
4	165	80	22
5	175	40	18
6	175	40	22
7	175	80	18
8	175	80	22

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento obtenido fue de 37% a 52% (Tabla 3). El análisis de varianza no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos en los factores temperatura, tiempo y carga; sin embargo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en las interacciones temperatura/carga y tiempo/carga (Tabla 4). Gomes de la Silva, Vieira, Zattoni y Urga

(1999) encontraron rendimientos de 59% con el uso de aditivos como la antraquinona, en el proceso de pulpeo en *Pinus taeda* y *P. elliottii*. Por otro lado Rodríguez y Torres (1992) registraron rendimientos de 40% a 46% de pulpa Kraft a partir de *P. patula*, *P. taeda* y *P. elliottii*, crecidos en Chile.

Los números de kappa presentaron un intervalo de 15.79 a 40.04 (tabla 3), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos al variar las temperaturas, tiempo, cargas; tampoco en las interacciones correspondientes (Tabla 5). Los valores obtenidos son similares a los números de kappa de 20 a 40 hallados por Rodríguez y Torres (1992) en pulpa Kraft a partir de *Pinus patula*, *P. taeda* y *P. elliottii* plantados en Chile; son superiores a 9.8 y 10.4 encontrados por Andrade, Colodette y Oliveira (2013) para dos pulpas Kraft de *Pinus*, y a los valores de 26 a 29 documentados por Kibblewhite (1984) para pulpa Kraft de *Pinus radiata*. Los resultados fueron superiores también al valor promedio de 10.6 publicado por Arias (2001), para celulosa de alta blancura a partir de especies de pino y eucalipto.

Los rechazos presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el factor temperatura (Tabla 4). El valor más bajo fue de 4.55%, seguido de 10.04% (Tabla 3). Los resultados aquí registrados fueron mayores que los presentados por Rodríguez y Torres (1992) para *P. elliottii* y *P. taeda* (0.4%).

El menor valor para el álcali residual fue de 6.0 g/L a un tiempo de 80 minutos; sin embargo, no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en los tratamientos con las variables estudiadas (Tabla 4). Rodríguez y Torres registraron que los consumos aumentaron en 25% para *P. patula* y en 12% para *P. elliottii*, al prolongar el tiempo de 30 minutos a 60 minutos.

Efecto de las variables tiempo, temperatura y carga

El rendimiento de la pulpa estuvo en relación con la combinación de los factores carga y tiempo. El factor tiempo tuvo un efecto en forma individual presentando en el tratamiento 2 el rendimiento con el valor más alto (Fig. 1a).

El número de kappa estuvo influenciado por los tres factores. El factor carga presentó mayor influencia sobre esta variable, el menor número de kappa se presentó en el tratamiento 2 (Fig. 1b).

TABLA 3. Rendimiento, números de kappa, rechazos y álcalis residuales de cocciones de *Pinus pseudostrobus* L. a diferentes temperaturas, tiempos de residencia y cargas.

Trat.	Temperatura (°C)	tiempo (min)	Carga (%)	Rendimiento (%)	No. kappa	de Rechazos (%)	Álcali (g/L)	residual
1	165	40	18	39.58	23.01	4.55	8.8	
2	165	40	22	52.39	15.79	12.97	7.6	
3	165	80	18	49.98	40.04	16.86	6.0	
4	165	80	22	44.20	24.65	25.47	6.6	
5	175	40	18	38.10	15.83	20.03	10.1	
6	175	40	22	39.72	30.96	31.00	12.0	
7	175	80	18	44.80	35.22	20.34	9.3	
8	175	80	22	37.10	19.03	10.04	11.1	

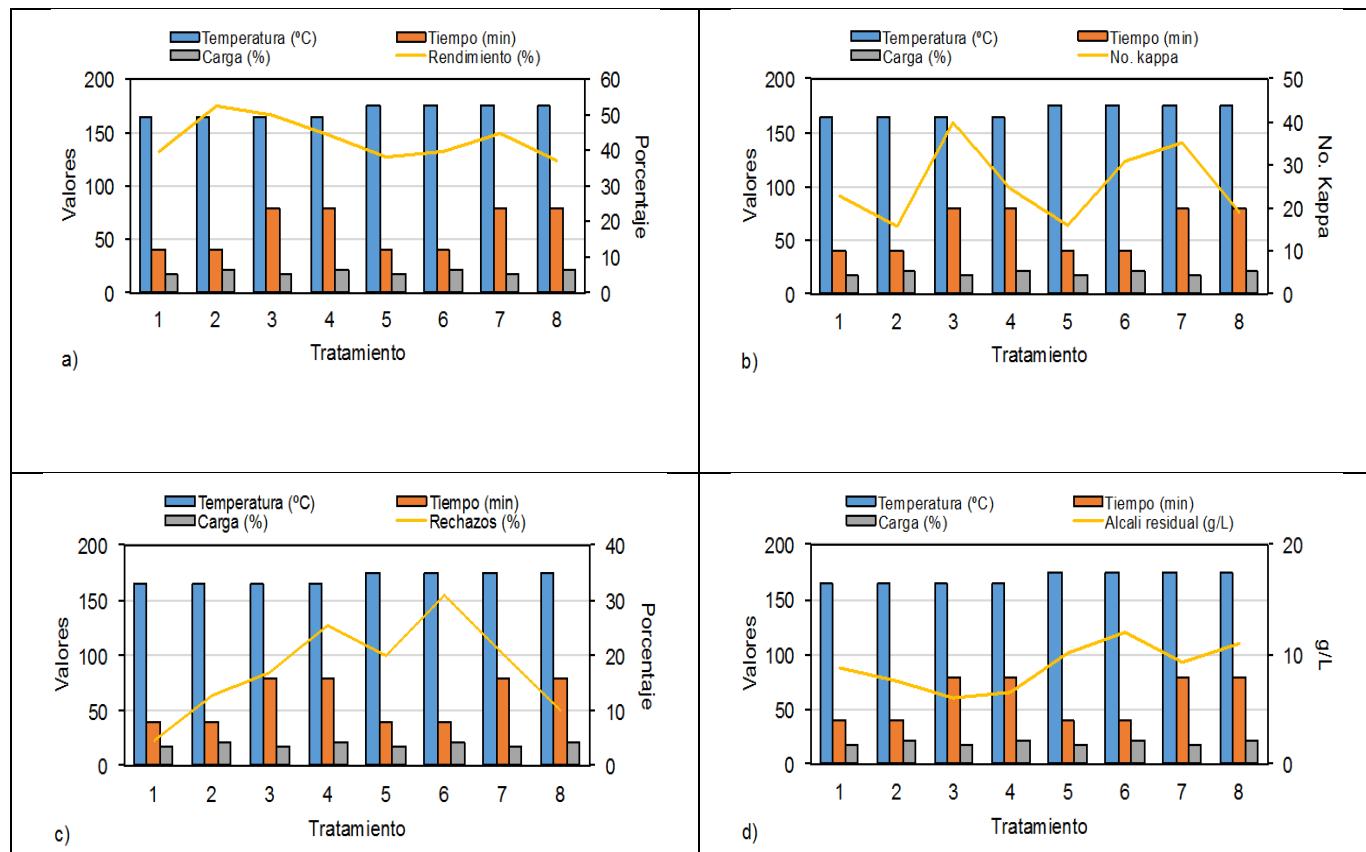
TABLA 4. ANOVA de las variables rendimiento, número de kappa, rechazos y álcali residual de pulpa de *Pinus Pseudostrobus* L. a diferentes condiciones de temperatura, tiempo, carga.

Fuente de variación		Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Carga (%)	Tempera- tura/tiempo	Tempera- tura/carga	Tiempo/carga
Cuadrado							
Rendimiento	medio	14.3471	0.1346	5.68555	0.87422	42.968	143.533
	Relación F	0.77	0.01	0.31	0.05	2.32	7.78
	Valor - P	0.3885	0.9329	0.5853	0.8301	0.037	0.011
Cuadrado							
Número de kappa	medio	73.8705	0.3257	36.5837	0.2162	25.2506	48.93
	Relación F	2.98	0.01	1.47	0.01	1.02	1.97
	Valor - P	0.0984	0.9098	0.2375	0.9265	0.324	0.1742
Cuadrado							
Rechazos	medio	294.373	0.2634	1.7764	461.39	35.1649	68.7241
	Relación F	9.17	0.01	0.06	14.37	1.1	2.14
	Valor - P	0.0062	0.9286	0.8162	0.001	0.3067	0.1576
Cuadrado							
Álcali residual	medio	7.2786	0.0017	1.3562	0.3025	0.4225	0.1225
	Relación F	3.12	0.01	0.58	0.13	0.18	0.05
	Valor - P	0.0914	0.9784	0.4541	0.7223	0.6747	0.821

Valores en negritas presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$).

TABLA 5. ANOVAS de Número de kappa, rechazos y álcali residual de pulpa de *Pinus Pseudostrobus* L.

Fuente de variación	Número de kappa			Rechazos			Álcali residual		
	Cuadro medio	F	Valor - P	Cuadro medio	F	Valor - P	Cuadro medio	F	Valor - P
Temperatura	73.8705	2.98	0.0984	294.373	9.17	0.0062	7.2786	3.12	0.0914
Tiempo	0.3257	0.01	0.9098	0.2634	0.01	0.9286	0.0017	0.01	0.9784
Carga	36.5837	1.47	0.2375	1.7764	0.06	0.8162	1.3562	0.58	0.4541
Temperatura/tiempo	0.2162	0.01	0.9265	461.39	14.37	0.0010	0.3025	0.13	0.7223
Temperatura/carga	25.2506	1.02	0.3240	35.1649	1.10	0.3067	0.4225	0.18	0.6747
Tiempo/carga	48.93	1.97	0.1742	68.7241	2.14	0.1576	0.1225	0.05	0.8210

FIGURA 1. Gráficas de barras de las variables de pulpa de *Pinus pseudostrobus* L.

Los rechazos estuvieron influenciados por la carga, seguidos por la combinación de la temperatura y el tiempo; el valor más abajo se presentó en el tratamiento 1 (Fig. 1c).

En la respuesta álcali residual, la temperatura, seguida del tiempo fueron los factores de mayor influencia; el tratamiento 3

presentó el menor valor (Fig. 1d). Esto se debe a que a mayor tiempo exposición de la astilla de madera de *Pinus pseudostrobus* L., la temperatura se mantendrá por mayor tiempo, teniendo como consecuencia un mayor consumo de álcali.

Superficie de respuesta

La superficie de respuesta para la variable rendimiento muestra que el factor temperatura a 167 °C y el tiempo de 50 minutos generarán un porcentaje de rendimiento de 46% (Fig. 2a y 2b). Sin embargo, la reducción en los números de kappa depende de emplear una temperatura de 170 °C y tiempos menores, de 30 minutos (Fig. 2c y 2d). Esta minimización del número de kappa proporcionará una mayor deslignificación de la pulpa celulósica.

En las figuras 3a y 3b se observa que los porcentajes de rechazo tienden a ser menores cuando se utiliza una temperatura de 160°C y un tiempo menor a 25 minutos. La superficie de álcali residual indica que para disminuir los valores, la temperatura debe de ser 170 °C con un tiempo de 55 minutos a una carga de 20% (Fig. 3c y 3d).

Maximización y minimización de las variables de calidad

La maximización del rendimiento se tuvo a una temperatura de 161 °C, tiempo de 40 minutos y carga de 23% (Tabla 6). El rendimiento es mayor al encontrado por Díaz-Vaz, Ananias,

Valenzuela, Torres y Rodríguez (2012) en la pulpa Kraft de astillas de *Pinus radiata* III (44% a 50.6%).

Por otra parte, la minimización del número de kappa se logró a una temperatura de 166 °C, cargas de 19% y 26 minutos de tiempo de cocción (Tabla 5), elevando el grado de deslignificación y favoreciendo el decremento del uso de reactivos para un posterior blanqueo de la pulpa celulósica.

En la tabla 6 se muestra que el mayor rendimiento fue de 54% con un número de kappa de 11.28. Rigatto, Dedecek y Matos (2004), en un trabajo acerca de la influencia de los atributos sobre la calidad de la madera de *Pinus taeda* para la producción de celulosa Kraft presentaron rendimientos de 48.56% a 50.69% y números de kappa de 30.85 a 31.47, siendo estos últimos mayores los obtenidos en este trabajo.

La minimización de la variable de respuesta rechazos se presenta con tiempos de cocción de 26 minutos, temperatura de 162 °C y carga de 19%. Para el álcali residual (Tabla 6) hay una similitud en la carga con 19.5% y temperatura de 169 °C, pero con el doble del tiempo de cocción (60 minutos).

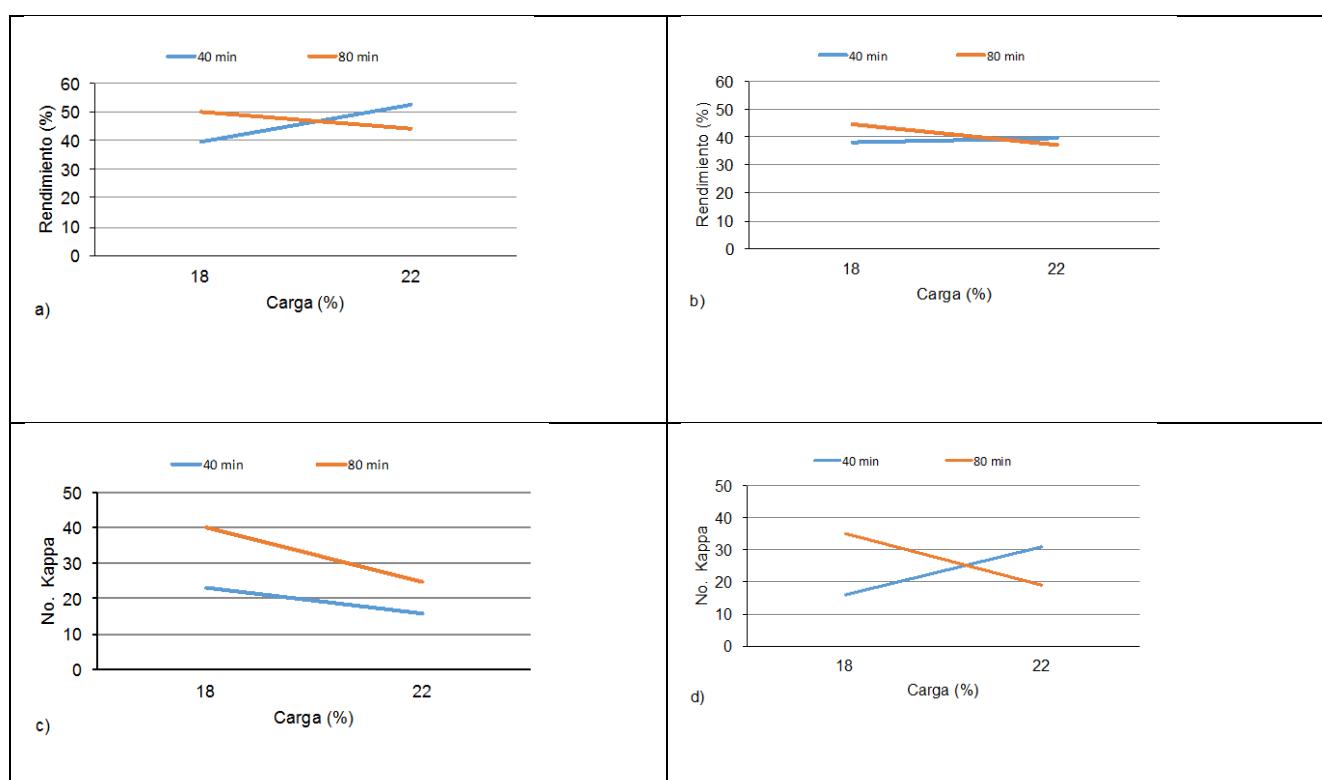


FIGURA 2. Superficie de respuesta con respecto al rendimiento (2a 165 °C y 2b 175 °C) y número de kappa (2c 165 °C y 2d 175 °C).

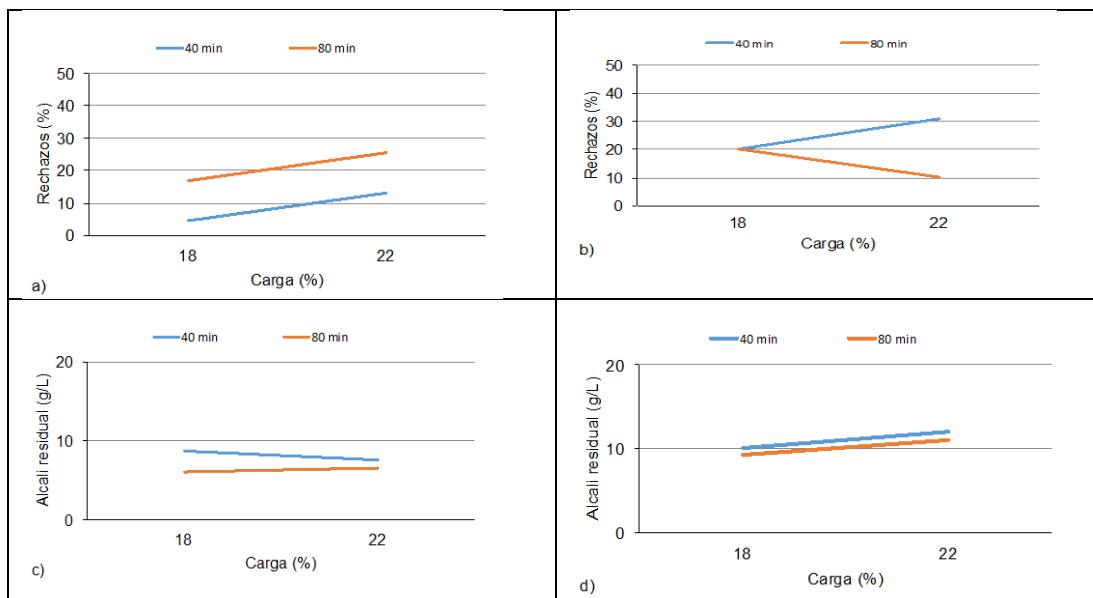


FIGURA 3. Superficie de respuesta con respecto a los rechazos (3a 165 °C y 3d 175 °C) y álcali residual (3c 165 °C y 3d 175 °C) de pulpa de *P. pseudostrobus* L. [temperatura (°C), tiempo (min), carga (%), álcali residual (%)].

TABLA 6. Maximización de rendimiento y minimización de número de kappa, rechazos y álcali residual.

Variables de Respuesta	Factores Óptimos			Maximización y Minimización
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Carga (%)	
Rendimiento	161.6	40.5	23.4	54.8 (Maximización)
Número de kappa	166.8	26.4	19.5	11.2 (Minimización)
Rechazos	162.8	26.3	18.9	00.6 (Minimización)
Álcali Residual	169.2	60.1	19.5	4.90 (Minimización)

CONCLUSIONES

Los rendimientos obtenidos son similares a lo documentado en la literatura (40% y 50%), lo que corrobora la tendencia de obtener rendimientos de 50% de la cantidad de astilla utilizada para cada cocción.

La pulpa obtenida a partir de la astilla industrial de *Pinus pseudostrobus* presenta valores favorables en rendimientos, número de kappa, rechazos y álcali residual. Esto a consecuencia de las condiciones de operación utilizadas en el proceso de cocción, siendo estos menores comparados con resultados de pino registrados anteriormente.

Los datos generados permitieron establecer la maximización de 40.5 minutos y carga de 23.4%, considerando los factores para los rendimientos al trabajar con temperatura de 161 °C, tiempo una minimización de las variables que así lo requieren como el número de kappa, rechazos y álcali residual.

REFERENCIAS

- Arias, S. R. (2001). *Obtención de celulosa de alta blancura a partir de pino y eucalipto*. (Informe de Memoria de título). Universidad de Concepción, Región Biobío, Chile. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/274128782/Obtencion-de-celulosa-de-alta-blancura-a-partir-de-pino-y-eucalipto-pdf>

- Andrade, F., Colodette, J., & Oliveira, F. (2013). Evaluation of bleachability on pine and eucalyptus Kraft pulps. *Revista Cerne*, 19(3), 433-439. doi: 10.1590/S0104-77602013000300010
- Boeykens, S. (2006). *Procesos para la producción de papel y pulpa*. Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires Argentina: Encrucijadas.
- Casey, J. P. (1991). *Pulpa y papel química y tecnología química* (1er tomo). México DF, México: LIMUSA.
- Díaz-Vaz, J., Ananias, R., Valenzuela, L., Torres, M., & Rodríguez, S. (2012). Madera de compresión en *Pinus radiata* III: propiedades de pulpas Kraft. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 14(3), 275-286. doi: 10.4067/S0718-221X2012005000003
- Escoto, G., Murillo, V., Rodríguez, R., Hernández, J., & Rivera, P. (2015). Obtención de celulosa blanqueada de *Ricinus communis* L. mezclada con fibra industrial para fabricar papel bond. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(28), 106-125. doi: 10.29298/rmcf.v6i28.260
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2014). *Estadísticas de productos forestales*. Recuperado de www.fao.org/forestry/statistics/es/
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2017). *Estadísticas de productos forestales. Datos y cifras globales de productos forestales 2015*. Recuperado de <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/es/>
- Gomes de la Silva, J., Vieira, O., Zattoni, S., & Urga, R. (1999). Aditivos para pulpa de pino. Experiencia industrial en la producción de pulpa no blanqueada de pino (Artículo técnico, pp. 25-30). Concepción, Región del Bío Bío, Chile: Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel de Chile.
- Kringstad, K. P. (1984). Spend liquors from pulp bleaching. *Environmental Science and Technology*, 18, 2403-2410.
- Libby, E. C. (1980). *Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel* (1er tomo). México DF, México: CECSA.
- Mariani, A., & Torres, U. (2004). Análisis químico cuantitativo y condiciones de pulpa de colihue. Parte I. *Bosque*, 25(1), 117-122. doi: 10.4067/S0717-92002004000100010
- Montgomery, D. C. (1991). *Diseño y análisis de experimentos*. México DF, México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Paz, P., Solís, O., Ruiz, C., & Torres, U. (2011). *Pulpas químicas a partir de madera de eucalipto. Proceso a la soda fría*. Recuperado de <http://www.celsofoelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2024Pulpas20semiqu>
- %EDmicas%20a%20partir%20de%20madera%20de%20eucalip.pdf
- Rigatto, A., Dedecek, R., & Matos, M. (2004). Influencia de los atributos sobre la calidad de madera de *Pinus taeda* para la producción de celulosa Kraft. *Revista Árvore*, 28(2), 267-273. doi: 10.1590/S0100-67622004000200013
- Rodríguez, C., Medrano, H., Rocha, N., Gallegos, A., Rosales, M. & González, L. (2005). Tratamiento biológico de madera para eliminar pitch en la producción de celulosa. *Madera y Bosques*, 11(1), 19-27. doi: 10.21829/myb.2005.1111259
- Rodríguez, S., & Torres, M. (1992). Obtención de pulpa Kraft a partir de *Pinus patula*, *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* crecidos en Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*, 6(1), 47-60.
- Sánchez-González, A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos en México. *Madera y Bosques*, 14(1), 107-120. doi: 10.21829/myb.2008.1411222
- Sanjuán D., R. (1993). *Estándares de laboratorio para la industria de celulosa*. Guadalajara Jalisco, México: Departamento de Madera Celulosa y Papel. Universidad de Guadalajara.
- Sanjuán D., R. (1997). *Obtención de pulpas y propiedades de las fibras para papel*. Guadalajara Jalisco, México: AGATA.
- Technical Association of Pulp and Paper Industry [TAPPI] (2000). *TAPPI Test Methods (T240 om-93 Consistency (concentration) of pulp suspensions), (T236 om-85 Kappa number), (T 204 om-88 Solvent extractives of wood and pulp)*. Atlanta: TAPPI Press.
- Torres, L., Melo, R., & Colodette, J. (2005). Pulpa kraft blanqueada a partir de *Pinus tecunumanii*. *Bosque*, 26(2), 115-122. doi: 10.4067/S0717-92002005000200014

Manuscrito recibido el: 12 de mayo de 2017

Aceptado el: 14 de diciembre de 2017

Publicado el: 25 de septiembre de 2018

Este documento se debe citar como:

Gabriel-Parra, R., Rutiaga-Quiñones, J. G., Orihuela-Equihua, R., Rivera-Prado, J. J., Sanjuán-Dueñas, R., & Carrillo-Parra, A. (2018). Calidad de pulpa Kraft de *Pinus pseudostrobus* L. obtenida a partir de astilla industrial. *Madera y Bosques*, 24(2), e2421816



Madera y Bosques por Instituto de Ecología, A.C. se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.