

FOSFONATOS EN COCCIÓN KRAFT, LAVADO DE PULPA MARRÓN Y ETAPAS OXIGENADAS DE *PINUS TAEDA*

Fernando E. Felissia, María C. Area, Olga M. Barboza, Dora I. Bengoechea

PHOSFONATES IN KRAFT COOKING, BROWN STOCK WASHING AND OXYGENATED STAGES OF *PINUS TAEDA* ABSTRACT

ECF bleaching offers various possibilities, depending on process type, brightness target, and equipment available. Key factors are pulp initial Kappa number, washing stage improvements and the effective application of bleaching reagents. This study presents conclusions of works carried out on pine kraft pulping, applying phosphonates in cooking, brown stock washing, and oxygen stages. The objective of the work was to verify if SPAP (Sodium salt solution of Polyaminophosphonic acids) produced eventual improvements; reducing metallic ion concentration in pulps, enhancing pulp properties. Raw materials were *Pinus taeda* chips from Alto Paraná S.A. mill and SPAP (chelant Dequest 9505 from Solutia Inc.). Pulps were refined in a PFI mill. For kappa number, viscosity and physical properties, we used TAPPI standards, except for brightness (ISO 3688:1977) and opacity (ISO 2471:1977). Metallic ions in pulps were analyzed by atomic absorption spectroscopy. SPAP in cooking increased physical properties and light scattering coefficient of pine pulps, decreasing largely air resistance and light absorption coefficient. In brown stock washing, the best condition to metal ions elimination seemed to be the application of 0.075 of SPAP, producing a Mn reduction of 40%. Washing itself increased metal elimination. Incorporating SPAP in brown stock washing and/or in oxygen stages, improved O stage selectivity, and increased brightness. The best relationship between tear and tensile indexes in refined oxygen treated pulps was obtained using 0.075% SPAP in brown stock washing without chelant in oxygen stage. All percentages of SPAP addition increased light scattering coefficients of refined pulps. SPAP addition always enhances physical properties of refined pulps.

KEY WORDS: Phosphonates, *Pinus taeda*, kraft cooking, brown stock washing, oxygen delignification, metallic ions.

RESUMEN

El blanqueo ECF ofrece varias posibilidades dependiendo del tipo de proceso, grado de blancura deseado y equipamiento disponible. Algunas claves son el número de Kappa inicial, mejoras en las etapas de lavado y la aplicación efectiva de los reactivos de blanqueo. Este estudio presenta conclusiones de trabajos realizados en pulpado kraft, aplicando fosfonatos en la cocción, en el lavado de la pulpa marrón y en las etapas de oxígeno. El objetivo del trabajo fue verificar si el SPAP (solución sódica de sales de ácidos poliaminofosfónicos) produce una eventual reducción en la concentración de iones metálicos en las pulpas y mejora sus propiedades. Las materias primas fueron chips de *Pinus taeda* (de Alto Paraná S.A.) y el quelante SPAP (Dequest 9505, de Solutia Inc.). Las pulpas se refinaron en molino PFI. En las determinaciones de número de kappa, viscosidad y propiedades físicas se usaron las normas TAPPI, excepto blancura (ISO 3688:1977) y opacidad (ISO 2471:1977). El contenido de iones metálicos en las pulpas fue analizado por espectroscopía de absorción atómica. En la cocción, el agregado de SPAP incrementa las propiedades físicas y el coeficiente de dispersión de la luz de pulpas de pino, disminuyendo la resistencia al aire y el coeficiente de absorción de la luz. En la etapa de lavado de la pulpa marrón, la mejor condición de eliminación de iones metálicos es la aplicación de 0,075 % sps (sobre pulpa seca) de SPAP, lo que produce una reducción del 40 % de Mn. Además, el lavado, por sí mismo, aumenta la eliminación de los metales. La incorporación de SPAP en el lavado de la pulpa marrón y/o en la etapa de oxígeno mejora la selectividad de la etapa O y aumenta la blancura. La mejor relación entre los índices de rasgado y tensión de las pulpas refinadas tratadas con oxígeno se obtiene utilizando 0,075 % sps de SPAP en la etapa de lavado de la pulpa marrón, sin quelante en la etapa de oxígeno. El agregado de SPAP siempre mejora las propiedades físicas de las pulpas refinadas.

PALABRAS CLAVE: Fosfonatos, *Pinus taeda*, pulpado Kraft, lavado de pulpa marrón, deslignificación con oxígeno, iones metálicos.

INTRODUCCIÓN

El blanqueo ECF ofrece varias posibilidades dependiendo del tipo de proceso, grado de blancura deseado y equipamiento disponible. El número de Kappa inicial de la

pulpa, el mejoramiento del lavado y la aplicación eficiente de los reactivos de blanqueo son factores importantes. Los objetivos fundamentales son obtener pulpas de alta blancura y buenas resistencias físico-mecánicas. La optimización del pulpado y las etapas previas al proceso de blanqueo

ECF dará como resultado una importante reducción del uso de ClO_2 con la consecuente disminución de compuestos organoclorados en los efluentes y favorece el cerramiento de circuitos de agua.

La introducción de una etapa de oxígeno en el blanqueo ECF requiere el desarrollo de métodos de control de la formación de peróxidos orgánicos, lo cual promoverá mejores blancuras y propiedades físicas de las pulpas. El radical hidroxilo ($\text{HO}\cdot$), extremadamente reactivo e inespecífico, es generado por la descomposición del peróxido, catalizada por los iones metálicos presentes en las pulpas (mecanismo Haber–Weiss) [1]. Como el peróxido de hidrógeno es un intermediario en la reducción del O_2 durante la deslignificación, el radical hidroxilo puede producirse en esta etapa [2]. Esta reacción hace que el proceso pierda selectividad, atacando los carbohidratos. Como la madera contiene iones Mn^{+2} , Fe^{+3} y Cu^{+2} , promotores de la formación de peróxidos, es imprescindible controlar el nivel de metales en las distintas etapas de producción de pulpas. Estos metales afectan la carga superficial y capacidad de hinchamiento de las pulpas, y consecuentemente, sus propiedades físicas y ópticas [3]. Los quelantes extraen preferentemente los iones divalentes, permitiendo que los grupos ácidos de la pulpa se sustituyan por iones sodio. El grado de hinchamiento y la capacidad de enlace de las fibras son mayores cuando el contraión es sodio [4].

Los fosfonatos poseen cargas fuertemente aniónicas, y al menos un grupo funcional fosfónico $-\text{P}(=\text{O})(\text{OH})_2$ unido a un átomo de carbono (Figura 1). Su compleja estructura presenta múltiples sitios para la quelación de los iones metálicos. Son solubles y estables en sistemas acuosos a elevada temperatura, presión y valores extremos de pH [5, 6], tienen propiedades dispersantes y pueden facilitar la penetración química de los chips y prevenir la redeposición de lignina, haciéndola soluble y eliminándola fácilmente en el lavado de la pulpa marrón [7].

Investigaciones sobre el desempeño de los fosfonatos como aditivos en el pulpado kraft de álamo indicaron que la aplicación de 0,1 %–0,2 % de fosfonato en las cocciones redujo considerablemente el número de kappa, incrementando el rendimiento de la pulpa y mejorando respuesta al blanqueo [7].

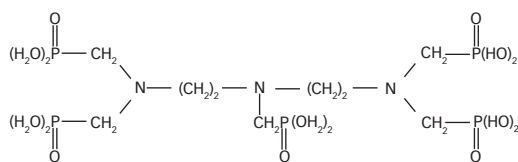


FIGURA 1. Estructura del fosfonato DTPMPA (Diethylenetriamine-pentamethylene phosphonic acid).

En trabajos anteriores [8–10] encontramos que cuando estos productos se incluyeron en la cocción kraft de eucalyptus, en el lavado de la pulpa marrón y en las etapas

de oxígeno, aumentaron el rendimiento, manteniendo la viscosidad de las pulpas y mejorando sus propiedades en las siguientes etapas de blanqueo.

El objetivo de este trabajo fue verificar si el SPAP (solución de la sal sódica de ácidos Poli-amino-fosfónicos) produce una eventual reducción de las concentraciones de iones metálicos en las pulpas, mejorando sus propiedades. Se trabajó con pulpa kraft de pino aplicando fosfonatos en:

1. la cocción,
2. el lavado de la pulpa marrón y
3. las etapas de oxígeno.

EXPERIMENTAL

Las materias primas fueron chips de *Pinus taeda* (de Alto Paraná S.A.) y el quelante SPAP (Dequest 9505, de Solutia Inc.).

Los chips se clasificaron con un tamiz de malla cuadrada; aceptando la fracción retenida en 5x5 mm y que pasaba por 25 x 25 mm. Los nudos y la corteza se rechazaron manualmente. La cocción de 900 g chips (base seca), se realizó en un digestor M/K de 7L. La temperatura se elevó de 70 a 170°C en 90 minutos. La carga del quelante fue 0.2 % (base ácido activo) sobre peso seco de chips. La tabla 1 presenta las condiciones de cocción.

Tabla 1. Condiciones de pulpado Kraft.

Alcali activo /madera (%)	24
Sulfidez (%)	35
Licor/madera	5/1
Temperatura máxima (°C)	170
Factor H	2000

La figura 2 muestra el diseño experimental utilizado en el lavado de la pulpa marrón.

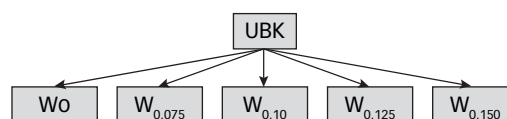


FIGURA 2. Plan de aplicación de SPAP en el lavado de la pulpa marrón.

Se estandarizó el lavado para obtener valores similares de DQO antes de la etapa O. Las pulpas se colocaron en el recipiente de lavado-desfibración (un pulper plástico de 40 L), a 3,0 % de consistencia, durante 20 minutos a 60°C y luego se centrifugaron. Se efectuó un lavado adicional para verificar si se eliminaban más metales quelados, haciendo una re-dilución de pulpas a una consistencia de 3,0 % y posterior centrifugación.

Estudios preliminares [11] indicaron que se debe optimizar el agregado de SPAP para obtener buenos resultados. Como consecuencia, en este trabajo se realizaron combinaciones de diferentes dosajes en el lavado de la pulpa marrón y en las etapas O, como se muestra en la Figura 3.

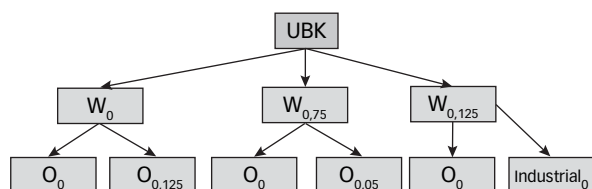


FIGURA 3. Plan experimental para la aplicación de SPAP en el lavado de pulpa marrón y en las etapas de oxígeno.

Para la delignificación con oxígeno se adaptó un reactor de acero inoxidable de 4.6 L, con camisa de calefacción y un sistema especial de agitación. Como fluido calefactor se utilizó agua calentada por 4 resistencias eléctricas, activadas por un controlador digital de temperatura. Para cubrir las necesidades de mezclado de la etapa O, se diseñó un sistema de agitación de alto corte (high shear), con velocidad de rotación constante de 500 rpm.

La pulpa lavada y centrifugada (300 g b.p.s. a 30 % de consistencia), se precalentó en un horno a microondas a una temperatura de 95°C, incorporando seguidamente la solución de NaOH. La consistencia final de pulpa fue del 10 %. Se precalentó el reactor a 105°C, se incorporó la pulpa y se presurizó con O₂ a 4 kg/cm². En el tratamiento con oxígeno no se incorporó MgSO₄ a las pulpas. La Tabla 2 presenta las condiciones del tratamiento.

Tabla 2. Condiciones de la etapa O.

Presión de O ₂ (kg/cm ²)	4
Temperatura (°C)	100
Tiempo (min)	30
NaOH (b.p.s %)	1,8
Consistencia (%)	10

b.p.s.: base pulpa seca (100% seca).

Después de 30 min, la pulpa fue descargada y centrifugada a una consistencia del 30 %.

Para el lavado post-oxígeno, todas las pulpas centrifugadas se lavaron con agitación manual a 20°C y 3 % de consistencia durante 15 minutos.

Las pulpas se refinaron en un molino PFI según norma

TAPPI T248 cm-85. En la mayoría de las determinaciones se siguieron las normas TAPPI (número de kappa, viscosidad y propiedades físicas), excepto blancura (ISO 3688: 1977) y opacidad (ISO 2471:1977). Los coeficientes de absorción y de dispersión son automáticamente determinados por el espectrofotómetro Color Touch modelo ISO utilizando la ecuación de Kubelka y Munk a una longitud de onda efectiva de 557 nm.

El contenido de iones metálicos en pulpas (Fe⁺², Cu⁺², Mg⁺², Ca⁺² y Mn⁺²) se determinó por espectroscopía de absorción atómica, previa digestión con ácido nítrico en un horno a microondas. Para establecer la carga orgánica entrante a la etapa del oxígeno, se determinó DQO en pulpas (CPPA st. H.3P).

Los resultados se analizaron mediante el software estadístico Statgraphics.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cocción

Las pulpas obtenidas con y sin incorporación de 0,2 % de SPAP no presentaron diferencias significativas en número de kappa y viscosidad (kappa sin SPAP = 23,6, Viscosidad sin SPAP=34,4, kappa con SPAP = 23,8, Viscosidad con SPAP = 33,0).

En la Tabla 3 se presentan las propiedades de las pulpas.

El SPAP en la cocción incrementa los índices de Rasgado y de Tracción de la pulpa refinada de pino en 12 % y 4 % respectivamente. Estos resultados son particularmente interesantes para la fabricación de pulpa marrón.

Lavado

La Tabla 4 y la figura 4 muestran los resultados del contenido de iones metálicos después del lavado de la pulpa marrón.

Se observa que la mejor condición para la eliminación de iones metálicos en el lavado de pulpa marrón es la aplicación de 0,075 de SPAP, la cual produjo una reducción

Tabla 3. Experiencias de cocción de *Pinus taeda* con y sin 0,2% SPAP.

Código*	°SR	V.e. cm ³ /g	I.Rasgado mNm ² /g	I.Explotación kPam ² /g	I Tracción Nm/g	TEA J/m ²	Resistencia al aire s	Opacidad %	k m ² /kg	s m ² /kg
Sin SPAP	13	1,623	22	2,72	43,4	47,3	-	96,2	10,69	20,87
Con SPAP	13	1,603	25	2,65	44,0	49,3	-	96,6	10,27	21,79
Sin SPAP Refinada	32	1,308	9,64	7,91	97,7	146,9	176,3	89,6	8,84	11,3
Con SPAP Refinada	30	1,323	10,92	8,06	102,0	153,0	68,6	88,8	8,16	12,0

Tabla 4: Lavado de pulpa marrón con y sin SPAP (ensayos preliminares).

Códigos	Cu		Fe		Mn		Mg		Ca	
	ppm		ppm		ppm		ppm		ppm	
	W	W+W	W	W+W	W	W+W	W	W+W	W	W+W
W_0	0,64	-	18,0	-	94,2	-	656	-	1287	-
W_0,075	0,97	1,25	15,6	13,7	56,2	50,4	369	297	819	420
W_0,1	0,97	0,67	15,8	12,6	59,1	47,9	430	299	900	588
W_0,125	0,75	0,66	21,0	12,3	60,8	52,6	383	320	1029	595
W_0,15	0,85	0,60	19,1	14,8	61,5	48,8	407	306	337	318

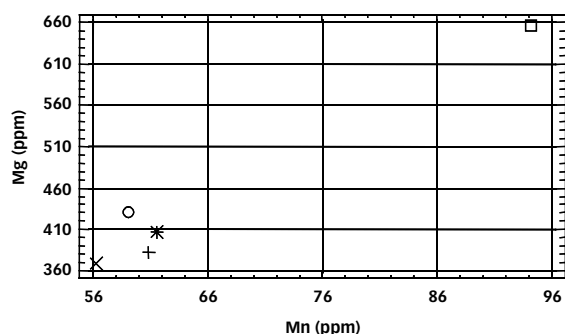


FIGURA 4. Mg vs. Mn después del lavado de pulpa kraft marrón de pino. Referencias: □ W_0; × W_0.075; ○ W_0.1; + W_0.125; * W_0.15.

del manganeso del 40 %. La reducción de magnesio fue en promedio del 36 %. Sin embargo, sus niveles permiten aplicar la etapa de oxígeno sin aditivos suplementarios para proteger la viscosidad. Lavados extras incrementan la eliminación de metales.

Con la aplicación de 0,1 % b.a.a. de SPAP o DTPMPA [11] en el lavado de pulpas marrones similares, las reducciones de Mn y Fe fueron cerca del 37 % y 16 % respectivamente.

La Tabla 5 presenta las propiedades físicas de pulpas lavadas refinadas a 3000 rev. PFI.

Las propiedades mecánicas de las pulpas refinadas se incrementaron de 5 a 10 % al lavarlas incorporando 0,125 % de SPAP. Las propiedades ópticas no cambiaron significativamente.

La Tabla 6 y la Figura 5 muestran el contenido de iones metálicos antes y después de los tratamientos con oxígeno.

Las Tablas 7 a 9 y las Figuras 6 y 7 muestran propiedades de pulpa después de la etapa O.

Tabla 6. Contenido de iones metálicos y DQO de pulpas lavadas con y sin SPAP, antes y después de la etapa O.

Códigos	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Mg ppm	DQO pulpas kg/t
UBK	1,01	23,0	103	510	32,4
W_0	0,69	22,8	89,2	414	7,94
W_0,075	0,69	19,7	68,3	398	7,98
W_0,125	0,69	21,2	69,8	392	9,41
W_0-O_0	0,44	15,3	56,8	251	-
W_0,075-O_0	0,46	16,1	50,2	247	-
W_0,125-O_0	0,46	11,4	47,0	247	-
W_0,075-O_0,05	0,46	15,4	42,9	238	-
W_0-O_0,125	0,45	17,0	43,7	241	-

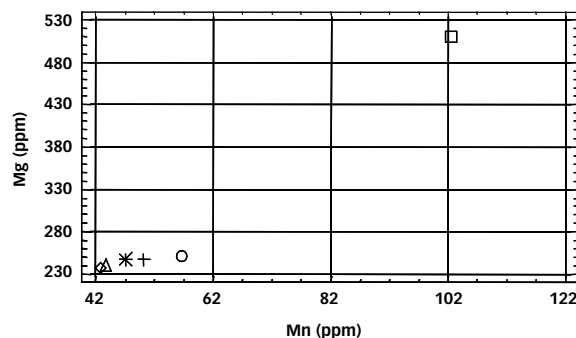


FIGURA 5. Mg vs. Mn de pulpas post-O lavadas con y sin SPAP. Referencias: □ UBK; ○ W_0 - O_0; × W_0.075 - O_0; + W_0.125; * W_0.075; △ W_0.

El agregado de 0,125 % de SPAP en el lavado de pulpa marrón sin adición en la etapa oxígeno, y la combinación de 0,075 % en el lavado de pulpa marrón y 0,05 % en la etapa oxígeno, producen la mayor eliminación de hierro y manganeso respectivamente.

Comparando con los resultados obtenidos en un trabajo anterior [11] el SPAP presenta mejor selectividad que el DTPMPA cuando se lo adiciona en el lavado de pulpa marrón de pulpas con similar número de kappa. Resultados

Tabla 5. Propiedades físicas de las pulpas refinadas a 3000 rev. PFI.

Códigos	°SR	V.e.	I. Rasgado	I. Explosión	I.Tracción	TEA	Resistencia al aire	Opacidad	k	s
		cm ³ /g	mNm ² /g	KPam ² /g	Nm/g	J/m ²	s	%	m ² /kg	m ² /kg
W_0	42	1,379	8,6	6,35	81,9	104,4	77,2	90,7	9,8	10,6
W_0,075	42	1,337	8,7	6,29	86,2	115,2	105,1	91,9	9,8	11,7
W_0,125	39	1,349	9,4	6,85	86,7	118,6	93,0	91,6	10,1	11,9

Tabla 7. Resultados etapa O (pulpas lavadas con y sin SPAP; y quelante en la etapa O).

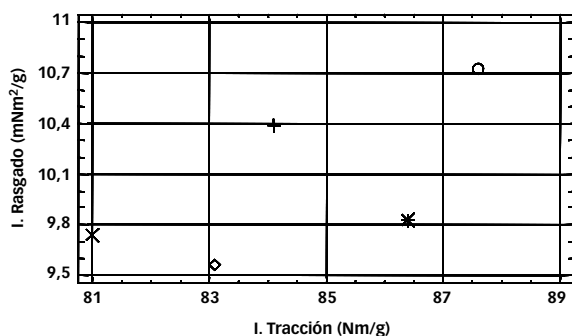
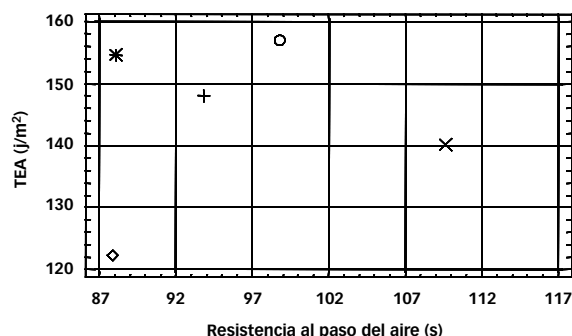
Código	pH final	Sólidos en O Licor negro	Kappa	Δ kappa	Viscosidad	Δ Viscosidad	Δkappa / ΔViscosidad
				%	cp	%	
W_0 - O_0	11,7	0,56	12,5	49,6	17,2	23,2	2,14
W_0,075 - O_0	11,7	0,51	12,6	49,2	17,4	22,3	2,20
W_0,125 - O_0	11,7	0,52	12,6	49,2	18,0	19,6	2,50
W_0,075 - O_0,05	11,7	0,52	12,8	48,4	17,5	21,9	2,21
W_0 - O_0,125	11,7	0,54	12,8	48,4	17,9	20,1	2,41

Tabla 8. Propiedades físicas de pulpas post-O (lavado de pulpa marrón sin y con SPAP y quelante en la etapa de Oxígeno).

Código	V.e. cm ³ /g	I. Tear mNm ² /g	I. Expl. KPam ² /g	I. Tracc. I Nm/g	TEA J/m ²	Blancura % ISO	Opacidad %	k m ² /kg	s m ² /kg
W_0 - O_0	1,823	20,07	1,24	20,3	27,9	29,9	94,3	7,44	22,6
W_0,075 - O_0	1,824	19,02	1,41	21,2	31,7	31,0	94,0	7,06	23,1
W_0,125 - O_0	1,732	20,65	1,52	22,4	35,6	31,1	94,2	7,30	22,8
W_0,075 - O_0,05	1,704	21,61	1,66	24,1	37,6	31,9	92,9	6,70	22,2
W_0-O_0,125	1,683	20,95	1,48	23,4	40,4	32,1	93,2	7,06	22,1

Tabla 9. Propiedades físicas de pulpas post-O (lavado pulpa marrón sin y con SPAP y quelante en la etapa de Oxígeno), refinadas con PFI a 43-45°SR.

Código	°SR	V.e. cm ³ /g	I. Rasgado mNm ² /g	I.Explotación kPam ² /g	I.Tracción Nm/g	TEA J/m ²	Resistencia al aire s	Opacidad %	k m ² /kg	s m ² /kg
W_0-O_0	45	1,324	9,74	6,98	81,0	140,1	109,6	83,1	5,78	11,6
W_0,075-O_0	44	1,338	10,72	7,10	87,6	157,0	98,8	84,9	5,59	12,2
W_0,125-O_0	43	1,336	10,39	7,23	84,1	148,1	93,8	84,9	5,65	12,3
W_0,075-O_0,05	45	1,319	9,83	6,84	86,4	154,6	88,1	84,4	5,68	12,1
W_0-O_0,125	45	1,337	9,56	7,30	83,1	122,4	87,9	82,2	5,53	12,2

**FIGURA 6.** I. Rasgado vs. I. Tracción después de la etapa O de pulpas kraft refinadas de pino. Referencias: × W_0 -O_0; ○ W_0,075 -O_0; + W_0,125 -O_0; * W_0,075 -O_0,05; ◇ W_0 -O_0,125.**FIGURA 7.** TEA vs. Resistencia al paso del aire después de la etapa O de pulpa kraft de pino. Referencias: × W_0 -O_0; ○ W_0,075 -O_0; + W_0,125 -O_0; * W_0,075 -O_0,05; ◇ W_0 -O_0,125.

análogos se obtuvieron en el tratamiento de pulpas kraft de eucalyptus [8].

La selectividad mejora con la incorporación de SPAP en el lavado de la pulpa marrón y/o en la etapa de oxígeno (Tabla 7) y aumenta la blancura (Tabla 8).

El agregado de SPAP siempre aumenta las propiedades físicas de las pulpas refinadas. La mejor relación entre I.Rasgado e I.Tracción en las pulpas refinadas tratadas con O se obtiene usando 0,075 % de SPAP en el lavado de la pulpa marrón (Tabla 9, Figura 6).

La adición de SPAP en cualquier porcentaje incrementa el coeficiente de dispersión de la luz de las pulpas refinadas, (Tabla 9).

CONCLUSIONES

El agregado de SPAP en la cocción incrementa las propiedades físicas y el coeficiente de dispersión de la luz de pulpas de pino, disminuyendo la resistencia al aire y el coeficiente de absorción de la luz.

En el lavado de pulpa marrón, la mejor condición de eliminación de iones metálicos es la aplicación de 0,075 % de SPAP sobre pulpa seca, lo que produce una reducción del 40 % de Mn. Además, el lavado, por sí mismo, aumenta la eliminación de los metales.

La incorporación de SPAP en el lavado de pulpa marrón y/o en la etapa de oxígeno mejora la selectividad y el grado de blancura.

La mejor relación entre los índices de rasgado y tracción de las pulpas refinadas tratadas con oxígeno se obtiene utilizando 0,075 % sobre pulpa seca de SPAP en la etapa de lavado de pulpa marrón, sin agregar quelante en la etapa de oxígeno.

El agregado de SPAP siempre mejora las propiedades físicas de las pulpas refinadas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del proyecto de investigación aplicada “Dequest application in ECF bleached kraft pulps” financiado por Solutia Inc. Agradecemos a la Qca. Ind. Isabel C. Silva y a Pablo Pezzano por su ayuda. Agradecemos al Dr. Alberto Venica por la revisión del manuscrito. *Equipo técnico*: Ing. Julieta Benítez y Est. Ing. Qca. Mirta Morrone.

NOMENCLATURA

- b.a.a.: base ácido activo.
- W: lavado.
- DQO: Demanda Química de Oxígeno.
- ECF: blanqueo libre de cloro elemental.
- O: Deslignificación con oxígeno.
- b.p.s.: base pulpa seca 100 %.
- ppm: partes por millón.
- b.p.s. = mg/kg.
- UBK: pulpa kraft sin blanquear.
- Δkappa (%): decrecimiento del número Kappa (%) de la etapa, calculado como:

$$[(\text{kappa inicial} - \text{kappa final}) / \text{kappa inicial}] * 100$$
- Δkappa/ΔViscosidad: Selectividad del tratamiento. Relación entre el % de variación de la deslignificación y la degradación de la celulosa.
- ΔViscosidad (%): Disminución de la viscosidad (%) de la etapa, calculado como:

$$[(\text{viscosidad inicial} - \text{viscosidad final}) / \text{viscosidad inicial}] * 100$$

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Devenyns, J.; Desprez, F.; Troughton, N.** Peracetic acid as a selective prebleaching agent: an effective option for the production of fully bleached TCF Kraft pulps, Non Chlorine Bleaching Conference, HHI, SC, March 14–18 (1993).
2. **Mc Donough, T.** Ch. 4: Oxigen delignification, in Section IV: The technology of chemical pulp bleaching, Pulp Bleaching, Principles and Practice, C.W. Dence and W. Reeve Ed., pp. 224–225, TAPPI PRESS, (1996).
3. **Buchert, J.; Pitkänen, M.; Viikari, L.** Role of Surface Charge on the Action of Hemicelluloses on Kraft Pulps, 7th ISWPC Proceedings, Vol.2, pp. 584–590, Beijing, May 25–28, (1993).
4. **Scallan, A. M.; Grignon, J.** The effect of cations on pulp and paper properties. Svensk Papperstidning. 2, 40–46 (1979).
5. Unknown, DEQUEST Phosphonates–High Temperature Stability Report N° 1928.
6. SOLUTIA DEQUEST Phosphonates by SOLUTIA, 2060–S, DTPMPA and DTPMPA–A Phosphonates, Metal ion control agents Pub. N° 7459369 (1997).
7. **Li, W.; Tschirner, U.** Phosphonates as additives in kraft pulping—a preliminary investigation, Tappi Journal, Vol. 1(9), 2002.
8. **Felissia, F. E.; Area, M. C.** Phosphonates in kraft pulping and brown stock washing of Eucalyptus pulps Appita Journal, ISSN: 1038–6807, vol.57, n°1, 30–34, Carlton, 2004.
9. **Area, M. C.; Felissia, F. E.** Chelating agents management to obtain TCF bleached Eucalyptus grandis kraft pulps Appita Journal, ISSN: 1038–6807, vol.58, n°2, 143–148, Carlton, 2005.
10. **Area, M. C.; Felissia, F. E.** Bleaching Eucalyptus grandis kraft pulps using a short TCF sequence TAPPSA Journal (official journal of the Technical Association of the Pulp and Paper Industry of Southern Africa). ISSN 1029–0109. March 2007.
11. **Area, M. C.** Applying Dequest to A.P.S.A. pulps in TCF sequences, PROCYP Research report for Solutia Inc., February 2003.

Plata, La Plata, Bs. As., Argentina, (1979). Master en Ciencias Aplicadas de Pulpa y Papel (M. Sc. A.), de la Université du Québec à Trois-Rivières, Québec, Canadá, (1992) y Doctora en Ingeniería Papelera (PhD), de la misma Universidad, (2000). Investigadora Independiente del CONICET y Docente–Investigador Categoría I (uno).

m_c_area@fceqyn.unam.edu.ar

• Olga Marina Barboza.

Laboratorista Química Industrial .Ingeniera Química y Master en Ciencias de la Madera Celulosa y Papel. FCEQyN, UNaM. Docente Regular de la FCEQyN: JTP. Exclusivo. Cátedra de Química Orgánica de las carreras de Profesorado en Biología y Licenciatura en Genética. Docente de la Orientación en Celulosa y Papel de la carrera Ing. Química. Docente de la Maestría en Celulosa y Papel. Categoría Docente. Investigador: III.

obarboza@fceqyn.unam.edu.ar

• Dora Inés Bengoechea.

Ingeniera Química. Magíster en Madera, Celulosa y Papel. Profesora Adjunta. Docente Investigador Cat. III.

Programa de Investigación de Celulosa y Papel, FCEQyN. Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552, (3300) Posadas, Misiones, Argentina. Tel/Fax: 54–3752– 422198.

fo121@uolsinectis.com.ar.

Recibido: 24/07/07.

Aprobado: 29/07/08.

• Fernando Esteban Felissia.

Ingeniero Químico y Magíster en Madera, Celulosa y Papel de la UNaM. Doctor en Ciencias Técnicas de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, Cuba (2006). Jefe de Trabajos Prácticos. Docente Investigador Cat. III.

f_felissia@fceqyn.unam.edu.ar.

• María Cristina Area.

Ingeniera Química, egresada de la Universidad Nacional de La