

Aptitud Papelera de 21 Especies Forestales del Perú

J. Bueno (¹)

Resumen

En el presente trabajo se analiza la aptitud papelera de 21 especies forestales peruanas tomando como referencia el promedio de las propiedades de la pulpa de 6 coníferas. De acuerdo con la información presentada, 4 especies nacionales tienen todas sus propiedades superiores a los promedios de referencia y otras 7 una resistencia al rasgado superior al promedio correspondiente. La pulpa de un porcentaje significativo de especies tropicales aumenta su resistencia al rasgado al aumentar su grado de refinado. Se expresan reservas sobre el empleo de coeficientes derivados de las dimensiones de las fibras como indicativos excluyentes para evaluar la aptitud papelera de especies forestales tropicales. Se examina, lo referente a la fabricación de pulpa mecánica y papel de periódico con especies tropicales.

Summary

The present study analyses the paper making aptitude of twenty one wood species from the Peruvian Forest, taking as a reference the average pulping properties of six coniferous. According to this comparison, four Peruvian species have higher qualities than the average in reference, and seven of them higher resistance to the tearing test. The pulp of a significant percentage of tropical woods increase their tearing qualities when the degree of refining increases. It to be considered that the fiber length of tropical wood species, is not necessarily a limitation for the paper making aptitude. It was examined, the feasibility of making mechanical pulp and news print from tropical species.

Introducción

La demanda mundial de pulpa, para papel y otros derivados, tiene un incremento constante y los bosques de los países productores tradicionales han llegado o están por llegar al límite de su capacidad de producción de materia prima para esta industria, razón por la que cada vez se pone mayor atención a otras fuentes de materia prima.

Indudablemente la mayor reserva mundial de material lignocelulósico lo constituyen los bosques tropicales cuya utilización actual es incipiente y carente de una orientación que permita obtener de ellos el máximo rendimiento sostenido. Los bosques tropicales son por lo general heterogéneos, estimándose que en los 65 millones de hectáreas que de ellos posee el Perú se encuentran más de 2500 especies forestales diferentes.

Para la utilización integral de los bosques tropicales heterogéneos, es imprescindible conocer las características y aptitud de la madera de las distintas especies que ellos poseen.

En el presente artículo se expone y analiza la aptitud papelera de 21 especies forestales peruanas.

¹ Ing. Agrónomo y Forestal. Ing. Papelero. Profesor Asociado, Departamento de Industrias Forestales, Universidad Nacional Agraria.

Características papeleras

La evaluación desde el punto de vista papelero, de la madera de una especie forestal, o de otro material lignocelulósico, se realiza mediante su análisis químico, el estudio biométrico de sus fibras y su procesamiento para transformarla en pulpa según la metodología establecida o con variantes que pueden ser introducidas. El último procedimiento es el que da resultados más confiables, en tanto que los primeros sirven para complementar información sobre la especie, aunque en casos en que aquel no puede ser realizado, o no se disponga de los datos de él derivados, se toman como indicativos de la aptitud papelera de una materia prima determinada, pero no pueden reemplazar a ellos.

Son el rendimiento, índice de deslignificación, blancura, opacidad, longitud de rotura, resistencia al reventamiento y rasgado, dobles pliegues, porosidad, entre los principales parámetros, los que permiten emitir un juicio acertado sobre la aptitud papelera de una especie y sus características. Para hacer comparaciones acerca de ellos, deben considerarse las condiciones en las que los ensayos han sido efectuados, por cuanto al variar estas se producen modificaciones en las propiedades ópticas y mecánicas de la pulpa.

Exposición de resultados

En el Cuadro 1 se presentan las dimensiones de fibras y los coeficientes de flexibilidad, fieltro y Runkel de 19 especies forestales del Perú y de *Pinus caribaea* como referencia. Estos datos han sido obtenidos de los trabajos de Rodríguez (9, 10) con muestras venezolanas de madera de estas especies.

CUADRO I. Dimensiones de fibras e índices papeleros de algunas especies forestales del Perú

ESPECIE	DIMENSIONES DE LAS FIBRAS				Indice de flexibilidad d (1/a) 100	Indice de fieltro (L/a)	Factor Runkel (2p/l)
	Largo (L) mm	Ancho (a) u	Lumen (l) u	Espesor Pared (p) u			
<i>Banara guianensis</i>	1.85	25.1	15.1	5.0	60.2	73.7	0.66
<i>Carapa guianensis</i>	1.63	20.0	10.8	4.7	54.0	81.5	0.87
<i>Cassia multijuga</i>	1.15	21.6	16.1	2.8	74.5	53.2	0.35
<i>Ceiba pentandra</i>	1.69	38.3	24.2	7.1	63.1	44.1	0.59
<i>Clarisia racemosa</i>	1.19	19.1	13.3	2.9	69.6	62.3	0.44
<i>Copaifera officinalis</i>	0.83	20.0	12.0	4.0	60.0	41.5	0.67
<i>Didimopanax morotonii</i>	1.57	23.6	12.5	5.5	53.0	66.5	0.88
<i>Genipa americana</i>	1.74	23.0	9.5	6.8	41.3	75.7	1.43
<i>Guazama ulmifolia</i>	1.42	23.1	16.3	3.4	70.6	61.5	0.42
<i>Hymenaea courbaril</i>	1.49	18.6	10.7	4.0	57.5	80.1	0.75
<i>Inga alba</i>	1.62	21.6	13.6	4.0	63.0	75.0	0.59
<i>Jacaranda copaia</i>	1.10	22.0	14.0	4.0	63.0	50.0	0.57
<i>Manilkara bidentata</i>	1.65	18.1	10.2	4.0	56.4	91.2	0.78
<i>Parkia Oppositifolia</i>	1.30	26.2	20.3	3.0	77.5	49.6	0.30
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	1.18	26.7	20.7	3.0	77.5	44.2	0.29
<i>Simaba multiflora</i>	1.31	25.5	19.1	3.2	74.9	51.4	0.34
<i>Simaruba amara</i>	1.17	32.4	26.4	3.0	81.5	36.1	0.23
<i>Spondias mombin</i>	1.17	24.0	14.6	4.7	60.8	48.8	0.64
<i>Terminalia amazonia</i>	1.67	19.9	9.0	5.5	45.2	83.9	1.22
<i>Pinus caribaea</i> (1)	3.27	48.5	37.6	5.5	77.5	67.4	0.29

(1) Especie exótica a título de referencia.

El Cuadro II contiene los datos referentes a rendimiento, índice Kappa, mano, longitud de rotura, índice de reventamiento, índice de rasgado y dobles pliegues de pulpa obtenida de 21 especies forestales del Perú mediante el proceso al sulfato según los trabajos de Rodríguez (9), Petroff (7) Batineyret (1).

CUADRO II. Aptitud Papelera de 21 Especies Forestales del Perú

ESPECIE	Rendimiento	Índice Kappa	PROPIEDADES FISICO-MECANICAS A 24° y 36°SR									
			Mano (cm3/gr)		LR (m)		IR		ID		DP	
<i>Banara guianensis</i>	41.9	24.8	1.65	1.53	7050	8150	37	50	109	103	1330	750
<i>Carapa guianensis</i>	48.1	17.0	1.49	1.28	7900	10250	46	65	135	131	1110	2895
<i>Cassia multijuga</i>	50.4	14.9	1.93	1.45	5200	7,200			86	90	40	630
<i>Cecropia spp. (1)</i>	49.2	—	—	—	—	9150	—	46	—	65	—	—
<i>Ceiba pentandra</i>	42.3	38.0	—	1.82	—	8400	—	48	—	82	—	1055
	46.1	—	2.08	1.93	4360	5600	20	30	66	66	20	65
<i>Copaifera officinalis</i>	35.1	—	1.89	1.79	4000	6100	19	38	56	62	18	235
<i>Didimopanax morotonii</i>	50.5	—	1.63	1.47	6650	8450	33	49	95	119	630	1340
<i>Genípa americana</i>	44.3	16.6	1.51	1.40	6800	8200	41	57	128	124	490	860
<i>Guazuma crinita (2)</i>	49.2	—	—	—	—	11500	—	84	—	150	—	5800
<i>Guazama ulmifolia</i>	42.7	19.1	1.43	1.25	7800	8700	37	53	119	118	180	800
<i>Hymenaea courbaril</i>	45.7	18.1	1.93	1.67	5100	6500	24	39	92	86	22	202
<i>Inga alba</i>	49	—	1.54	1.33	6500	7900	34	49	108	111	150	700
<i>Jacaranda copaia</i>	48.8	—	1.52	1.25	5200	7400	22	37	87	91	88	360
<i>Manilkara bidentata</i>	41.8	10.7	1.97	1.85	4400	5900	21	33	85	112	19	111
<i>Parkia Oppositifolia</i>	48.4	24.2	1.43	1.20	7600	10760	40	64	90	74	600	2150
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	50.4	19.1	—	1.19	—	10300	—	73	—	110	—	4200
<i>Simaba multiflora</i>	43.4	18.3	1.47	1.28	7200	9000	34	57	106	93	980	1850
<i>Simaruba amara</i>	46.4	23.6	1.33	1.16	7700	10350	43	63	81	68	905	2550
<i>Spondias mombin</i>	46.2	18.5	1.78	1.52	6800	7850	30	41	66	58	164	588
<i>Terminalia amazonia</i>	44.6	26.5	1.64	1.43	6000	8300	36	56	137	142	240	700

(1) Resultados a 47°SR

(1) Resultados a 50°SR

IR = Índice de reventamiento

ID = Índice de

DP = Dobles pliebues

LR = Longitud de rotura

Con el fin de tener una orientación correcta del valor papelero de las especies consideradas, en el Cuadro III se exponen los resultados obtenidos con pulpa de 6 coníferas por Motteet (6), Rodríguez (10) y el autor (3) mediante el mismo proceso y en condiciones similares.

CUADRO III. Características papeleras de 6 coníferas

ESPECIE	Rendimiento	°SR	LR	IR	ID	Dp
<i>Pinus caribaea</i>	42.2	45	8100	57.2	147	1792
	47.1		8500	64.3	103	2513
<i>Pinus silvestris</i>	58	45	9490	58.6	89	844
	54.6		7870	58.6	87	689
	49.9		7040	58.4	85	589
<i>Picea excelsa</i>	60	45	7947	62.5	72	572
	60.4		8135	62.1	73	591
	59.3		8557	62.2	68	581
<i>Pseudotsuga douglasii</i>	62.7	45	7870	62.1	91	716
	59		7915	59.4	84	662
	57.5		7785	58.2	81	630
<i>Pinus patula</i>	62.6	45	6810	50.2	93	633
	58.2		6675	49.2	85	567
	53.8		6330	46	84	532
<i>Pinus maritima</i>	39	50	9560	60	89.3	1562
Promedios	54.9		7785	57.75	93.5	911

Siendo uno de los aspectos más discutidos la posibilidad de fabricar papel de periódico con madera de especies tropicales y por tanto la de producir pulpa mecánica, que en la composición de este papel interviene en alto porcentaje, 70 a 80%, en el Cuadro IV se presenta los resultados relativos a este tipo de pulpa fabricada con cetico, así como los comparativos de picea obtenidos por Batineyret (1) y Metex (5) y en el Cuadro V las variables del desfibrado para cetico y picea en condiciones de laboratorio y las usuales en la industria con varias especies tradicionales.

CUADRO IV. Propiedades de la Pulpa Mecánica de Cetico

Especie	°SR	L _R	I _R	I _D
Picea	49.5	2030	9.3	0.75
	49.5	1850	6.6	0.45
Cetico	64	1439	5.2	0.58

CUADRO V. Variables del desfibrado

Especie	r.p.m.	V periférica (in/seg)	Temp.en la fosa °C	Potencia consumida (kwh/ton)	Concen-tración %	CSF cc	V. de ali-mentación cm/min	Presión de desf. kg/CM2	Condición de trabajo
Picea	550	17.2	63	1440	2.44	180	2.35	1.55 a 3.1	Laboratorio
Cetico	550	17.2	55	1150	2.04	215	3.76	1.5 a 3	Laboratorio
Cetico	550	17.2	69	1290	2.66	150	2.66	0.95 a 1.9	Laboratorio
Varios	150 a 300	18 a 25	50	850	2-3	60 - 250	—	1.6 a 6	Industria

En el Cuadro VI se ha recopilado los datos relativos a pulpa química de cetico según Batineyret y Metex (5). Como referencia se indican los valores de picea y abedul. Finalmente en el Cuadro VII se presentan los resultados relativos a papel de periódico fabricado con mezclas de pulpa mecánica y química de cetico en diferentes proporciones, así como del mismo papel de picea.

CUADRO VI. Propiedades de la Pulpa Química de Cetico

Especie	°SR	L _R	I _R	I _D
Picea	49	7600	55	1.69
Abedul	48	6200	40	1.4
Cetico	33	6514	31	1.72
	39	9562	50.9	1.44
	42.5	8620	53.3	1.16
	43.5	8440	58.6	1.36
	46	8815	33.4	1.48
	47	7860	53.7	1.16
	47	10526	48.6	1.34
	55	8950	57.2	1.27

CUADRO VII. Propiedades del Papel de Periódico de Cetico

Especie	Mezcla		Mano g/m ²	L _r	I _r	I _p	Porosidad Bendtsen ml/min	Opacidad Davis	Blancura %	Sup. Específico a cm ² /g
	P.Q.	P.M.								
Picea	16	84	52.6	3400	12	1.8	120-70	.942	66	684
				3600	14	2.2				
Cetico	20	80	51.4	3050	16.1	.78	101	.876	67.7	569
	30	70	50.9	3500	19.1	.91	82	.866	67.6	544
	25	75	—	1566	5.1	1.08	—	—	—	—
	50	50	—	7825	36.6	1.42	—	—	—	—

P.M. = Pulpa Mecánica

P.Q. = Pulpa Química

Discusión

Como referencia para comparar la pulpa de las 21 especies forestales peruanas consideradas en este trabajo, se han tomado los parámetros fundamentales de resistencia, correspondientes a un grado de refinado de 45 a 50°SR, de la pulpa de 6 coníferas (Cuadro III), usualmente empleadas para fabricación de papel. Ellas tienen en conjunto las siguientes características:

	L _R	I _R	I _D	DP
Mínimo	6330	46	68	532
Máximo	9560	64	147	2513
Promedio	7785	57.75	93.5	911

Tomando los valores promedio como punto de comparación con los obtenidos a 36°SR, salvo para *Cecropia* sp. y *Guazuma crinita* que son a 47 y 50°SR respectivamente, para la pulpa de las especies nacionales, éstas pueden clasificarse como sigue:

1 - Especies cuyas propiedades papeleras son superiores a todos los promedios de referencia.

Carapa guianensis
Guazuma crinita
Sclerolobimn paniculatum
Simaba multiflora

2 - Especie con L_r, I_r e I_D superiores al promedio y DP inferior.

Genipa americana

3 - Especies con L_r, I_r, y DP superiores al promedio pero ID inferior.

Parquia oppositifolia
Simaruba amara

4 - Especie con L_R, I_D y DP superiores al promedio e I_r inferior.

Didimopanax morototonii

5 - Especies con L_R e I_D superiores al promedio e I_R Y DP inferiores.

Banara guianensis
Guazuma ulmifolia
Inga alba
Terminalia amazonia

6 - Especies con L_T superior al promedio de I_T , I_D Y DP inferiores.

Cecropia spp.
Ceiba pentandra

7 - Especie con I_D superior al promedio y L_T , I_T Y DP inferiores.

Manilkara bidentata

8 - Especies con todas sus características papeleras inferiores a los promedios de referencia.

Cassia multijuga
Copaifera officinalis
Clarisia racemosa
Hymenaea courbaril
Jacaranda copaia
Spondias mombin

Comúnmente se dice, generalizando, que las latifoliadas dan pulpa con baja resistencia al rasgado, pero dentro del grupo considerado en este trabajo encontramos 11 (Cuadro VIII), con índice de rasgado (I_D) superior al promedio de las coníferas de referencia.

Podría aducirse de que el I_D de la pulpa de las especies nacionales es de 36°SR en tanto que para la de coníferas es entre 45 y 50°SR y que al aumentar el grado de refinado de la pulpa de las primeras hasta el de las segundas, la resistencia al rasgado disminuirá por ser esto lo usual con pulpa de coníferas (3,6). Es justamente en la evolución de la resistencia al rasgado en función del refinado de pulpa de latifoliadas tropicales que se observa un hecho remarcable y de extraordinaria importancia. No todas presentan disminución de resistencia al rasgado con un mayor grado de refinado, sino que al contrario dicha resistencia aumenta al pasar de 24 a 36°SR como puede verse en 7 de las 21 especies consideradas (Cuadro 11). En otras, como *Clarisia racemosa*, I_D permanece invariable para estos dos grados de refinado. Respecto a L_R , I_R Y DP la pulpa de todas las especies evoluciona normalmente, es decir que sus valores aumentan con el refinado, lo cual ocurre también en coníferas, por supuesto hasta llegar a un límite máximo.

En el trabajo de Rodríguez (9) sobre pulpa (de 101 especies tropicales latifoliadas, se observa que la pulpa de 54 de ellas (53.46%) experimenta aumento de I_D al aumentar el grado de refinado; 35 (34.65%) presentan disminución, 2 (1.98%) permanecen invariables y 6 (5.94%) tienen aumento y disminución simultáneamente. Para las 4 restantes sólo consigna datos a 36°SR .

Generalmente se asocia altos índices de flexibilidad y fieltado con altas resistencias a la ruptura y reventamiento, pero según los datos disponibles para 19 especies comprendidas en este trabajo, Cuadros I y II, no hay clara correlación en este sentido. Igualmente en el caso del factor Runkel se presentan notables discrepancias respecto al significado que se da a este factor. Así para *Genipa americana* el factor es 1.43, lo cual la clasificaría como una especie regular para papel, no

obstante tener L_R , I_R e I_D superiores al promedio de la pulpa de las 6 coníferas de referencia. En sentido opuesto, *Gassia multijuga* y *Clarisia racemosa* tienen 0.35 y 0.44 de factor, que las clasificaría como muy buenas para papel, pero sus propiedades papeleras se encuentran por debajo de las de *Genipa americana* y entre las más bajas del grupo considerado.

CUADRO VIII. Comparación de propiedades papeleras de 21 especies forestales peruanas con valores promedio de 6 coníferas ⁽¹⁾

Especie	L_R	I_R	I_D	DP
<i>Banara guianensis</i>	X	—	X	—
<i>Carapa guianensis</i>	X	X	X	X
<i>Cassia multijuga</i>	—	—	—	—
<i>Cecropia spp.</i>	X	—	—	—
<i>Ceiba pentandra</i>	X	—	—	X
<i>Clarisia racemosa</i>	—	—	—	—
<i>Copaifera officinalis</i>	—	—	—	—
<i>Didimopanax morototonii</i>	X	—	X	X
<i>Genipa americana</i>	X	X	X	—
<i>Guazuma crinita</i>	X	X	X	X
<i>Guazuma ulmifolia</i>	X	—	X	—
<i>Hymenaea courbaril</i>	—	—	—	—
<i>Inga alba</i>	X	—	X	—
<i>Jacaranda copaia</i>	—	—	—	—
<i>Manilkara bidentata</i>	—	—	X	X
<i>Parkia oppositifolia</i>	X	X	—	X
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	X	X	X	X
<i>Simaruba amara</i>	X	X	X	X
<i>Spondias nombin</i>	X	—	—	—
<i>Terminalia amazonia</i>	X	—	X	—

(1) Cuadro III

(x), (—) = Valores superiores e inferiores al promedio respectivamente

Cierto es que en el caso de *Sclerolobium paniculatum* y de *Simaba multiflora* cuyos factores son 0.29 y 0.34 hay correspondencia aceptable entre sus valores y los parámetros de resistencia de su pulpa, pero dadas las desviaciones antes anotadas, expresamos nuestra reserva sobre el empleo de los índices y factores derivados de las dimensiones de las fibras como indicativos excluyentes en la evaluación de una materia prima para fabricación de papel.

Sobre la calidad de pulpa mecánica de cético, en el Cuadro IV se observa que su L_R , I_R e I_D , son menores que las de la pulpa de picea tomada como comparación. La pulpa química de cético (Cuadro VI) tiene características similares a la de abedul y picea consideradas como referencia y el papel de periódico fabricado con mezclas de 20 y 80, Y 30 Y 70% de pulpa mecánica y química de cético presenta una longitud de ruptura y resistencia al reventamiento semejante a las de las especies de comparación (Cuadro VII), pero su I_D es sensiblemente menor. No obstante en febrero de 1952 y usando papel de periódico compuesto únicamente de pulpa química y mecánica de cético, se sacó una parte de la edición diaria del periódico Dauphine Liberé de Grenoble (Francia) sin inconvenientes (1).

Si bien el cético es la especie forestal del trópico que probablemente ha sido más estudiada, no es la que mejores propiedades papeleras tiene, como se desprende de los Cuadros II y VIII. En

relación a la fabricación de pulpa mecánica es seguro que existen especies tropicales que den este tipo de pulpa con mejores características que la de cetico.

Conclusiones

1. Entre las 21 especies forestales consideradas en este trabajo, 4 poseen propiedades papeleras superiores a todos los promedios de resistencia de 6 coníferas tomados como referencia. Otras 7 tienen una resistencia al rasgado mayor al promedio aludido.
2. La pulpa de un porcentaje significativo de especies forestales tropicales experimenta aumento de resistencia al rasgado al incrementarse su grado de refinado.
3. Se expresa reservas sobre el empleo de índices derivados de las dimensiones de las fibras como indicativos excluyentes en la evaluación de una materia prima para papel.
4. Si bien el cetico (*Cecropia* spp) es probablemente la especie tropical, o grupos de especies, más estudiada, no es la que mejor aptitud papelera presenta.

Bibliografía .

- 1.-BATINEYRET. La fabricación de celulosa a base de cetico (*Cecropia*) peruano. Junta Latinoamericana de Expertos en la Industria de Papel y Celulosa, Bs. As. 1954.
- 2.-BUENO, J o Fabricación de pulpa celulósica por el proceso al sulfito neutro de sodio Revista Forestal del Pero, Vol. 3, N° 1, Lima, 1969.
3. ----- Evolución de las características mecánicas y ópticas de una pulpa al sulfato en función del refinado y blanqueamiento. Anales Científicos UNA, Vol. III, Nos. 3-4, Lima, 1969.
- 4.- LAO, R. Catálogo preliminar de las especies forestales del Perú, Revista Forestal del Perú, Vol. 3, N° 1, Lima, 1969.
- 5.-METEX. The possibilities of establishing a pulp and paper Industry in Pucallpa region in Peru, Helsinki 1966.
- 6.-MOTTEET, A. Essais comparatifs entre pates su sulfate obtenues á partir de bois begels et etrangrs, Station de Technologie Foresteratiere, Rapport d'activité, Gembloux, 1969.
- 7.-PETROFF, G. *el all*. Características Papetieres de quelques essences tropicales d reboisement, Catre Technique Forestier Tropical, No- gnet - sur - Marne, Tomo I (1960), Tomo II (1967), Tomo III (1968).
8. ----- *et all*. L'etude papetiere d'une foret tropical heterogene, Centre Technique Forestier Tropical, Nogent - sur - Mame, 1963.
- 9.- RODRIGUEZ, J. R. Características papeleras de 101 especies de la Guayana venezolana. Lab. Nac. de Productos Forestales, Mérida, 1969.
10. ----- Características de las pulpas al sulfato de muestras de *Pinus caribaea* de varias edades. Lab. Nac. de Productos Forestales, Mérida, 1966.

11. - SAVARD, J. *et all.* Analyse chimique del Bois Tropicaux, Centre Technique Forestier Tropical, Nogent Sur-Marne, 1954.

