



Madera y Bosques

ISSN: 1405-0471

publicaciones@ecologia.edu.mx

Instituto de Ecología, A.C.

México

Tamarit Urias, Juan Carlos

Determinación de los índices de calidad de pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas

Madera y Bosques, vol. 2, núm. 2, otoño, 1996, pp. 29-41

Instituto de Ecología, A.C.

Xalapa, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61720204>

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

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Determinación de los índices de calidad de pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas

Juan Carlos Tamarit Urias

RESUMEN

En el presente trabajo se estudiaron 132 maderas de especies latifoliadas de México, determinándose los índices de calidad de pulpa para papel y clasificándose su calidad en base a la relación de Runkel. Se encontró que el 69% del total de las especies estudiadas proporcionan pulpa de excelente (2.3%), muy buena (7.6%), buena (34.8%) y regular (24.2%) calidad y el 31% restante producen pulpas de mala calidad, por lo que las maderas de especies latifoliadas son una importante fuente potencial de materia prima para la industria de la celulosa y el papel. Se observó una relación inversa entre la densidad básica de la madera con la calidad de la pulpa, en donde a menor densidad, la calidad de pulpa es mejor. Se sugiere utilizar mezclas de diferentes maderas en combinación con especies de maderas de fibras largas para reunir las características requeridas en la producción de algún tipo de papel específico.

PALABRAS CLAVE:

Pulpa y papel, índices de calidad de pulpa, relación de Runkel, maderas latifoliadas, México.

ABSTRACT

One hundred and thirty two woody, broadleaved Mexican species were studied. The quality index of pulp for paper was determined. Pulp quality was classified according to the Runkel ratio. Sixty-nine percent of all species studied provide excellent (2.3%), very good (7.6%), good (34.8%) and regular (24.2%) pulp quality. Thirty-one percent produce poor quality pulp. According to these results woody, broadleaved species are a potential source of material for the cellulose and paper industry. The results showed an inverse relationship between basic wood density and pulp quality: the lower the wood density, the better the pulp quality. The use of a mixture of different hardwoods in combination with long-fiber wood species which have desirable characteristics for producing particular types of paper, is recommended.

KEY WORDS:

Pulp and paper, pulp index quality, Runkel ratio, hardwoods, México.

1 Investigador. Centro de Investigación Regional del Sureste. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Apdo. Postal 1. 23350 Escárcega, Campeche. México
Manuscrito recibido para su publicación el 12 de Marzo de 1996

INTRODUCCION

El tipo de fibra empleada para producir papel es completamente diferente en diversos países, sin embargo desde un punto de vista mundial la madera representa del 85 al 90% de las materias primas fibrosas consumidas. De éste, alrededor del 20% de madera para pulpa proviene de la madera de especies de angiospermas o latifoliadas (Earl, 1979).

México no ha podido proporcionarle a su población la cantidad de papel que requiere, por lo cual tiene que recurrir a la importación; por ejemplo en el año de 1993 el consumo aparente de papel fue de 3,425,993 ton y la producción fue de tan sólo 2,763,433 ton, teniéndose que importar 782,500 ton y exportándose solamente 119,940 ton. Aunado a esto, las plantas de celulosa únicamente utilizaron el 33% de su capacidad instalada y las de papel el 72% (CNIF, 1993); esta situación se repite cada año en mayor o menor grado, por lo que debe ser un reto el aumentar el uso de la capacidad instalada de estas plantas y disminuir así en parte las importaciones, satisfaciendo la demanda de algunos tipos de papel que puedan producirse en nuestro país. Las especies del género *Pinus*, dentro de las coníferas, son hasta ahora las más utilizadas en la producción de pulpa para papel y aún cuando se han ampliado las fuentes de abastecimiento, éstas no han resultado suficientes para satisfacer la demanda cada vez mayor de papel.

Ante esta problemática es necesario buscar nuevas fuentes de materia prima para papel; entre ellas destacan los bosques de especies latifoliadas tanto de climas templados como tropicales que poseen una gran diversidad de especies y sobre todo, muchas de ellas presentan rápido crecimiento.

Esta opción es posible debido a que México cuenta con 49.6 millones de hectáreas arboladas y de éstas, 32.6 ha (65.7%) son de bosques con especies latifoliadas (UNOFC, 1994), lo que justifica realizar investigaciones que permitan conocer las características tecnológicas de las maderas que habitan en este tipo de bosque para poder aprovecharlas de una manera adecuada en diferentes usos industriales, siendo uno de ellos en la producción de papel.

Los índices de calidad de las pulpas constituyen una magnífica ayuda para saber de antemano lo que se puede esperar al emplear tal o cual madera. Estos índices proporcionan diferentes relaciones entre las dimensiones de las fibras, las cuales influyen de manera directa, indirecta o bien complementaria sobre las características generales de la pulpa, tales como: densidad, volumen, resistencia al paso del agua y del aire, resistencia a la tensión, a la explosión, al rasgado y a las propiedades que determinan la impresión. Es decir, las relaciones entre las dimensiones de las fibras contribuyen favorable o adversamente en el tipo y en la calidad del papel producido (Tamolang y Wangaard, 1961).

OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son: determinar los índices de calidad de pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas, determinar la calidad de pulpa que produce cada madera con base en la clasificación de la relación de Runkel, analizar la influencia que tienen las dimensiones de las fibras y la densidad básica de la madera en la calidad de la pulpa y seleccionar y agrupar las especies que arrojen la mejor calidad de pulpa para plantear la necesidad de realizar estudios complementarios al presente.

ANTECEDENTES

Huerta y Corral (1975), mencionan que la calidad de la pulpa está íntimamente relacionada con la especie maderable de la cual procede y aunque las dimensiones de las fibras, especialmente la longitud, tuvieron una gran importancia en el pasado, en la actualidad todavía siguen siendo válidas, pero son más útiles las relaciones que de ellas se puedan derivar, tales como: coeficiente de rigidez, coeficiente de flexibilidad, coeficiente de Peteri y la relación de Runkel; de esta manera Paula (1977), estudió la longitud de la fibra, grosor de pared, diámetro de fibra y la relación de Runkel de la madera de 20 especies de la selva Amazónica, de las cuales 17 especies resultaron aptas para emplearlas en la fabricación de papel. Casessa (1980), realizó también un estudio anatómico en relación con la fabricación de papel a un grupo de 13 especies de Costa Rica y las agrupó en cinco categorías de calidad de pulpa para papel, basándose en la relación de Runkel. En México, Luna (1983), al determinar los índices de calidad de pulpa para papel de 29 maderas tropicales de Chiapas, encontró que sólo 20 especies producen pulpa de calidad aceptable y que densidades de bajas a intermedias de la madera proporcionan pulpas de excelente a muy buena calidad. En general, con base en estos estudios se determinó que las características generales de las maderas que resultaron aptas para emplearlas como materia prima en la producción de papel son: de color claro, de bajo peso específico, con fibras largas y de pared celular delgada, aunado a características de abundancia, amplia distribución y rápido crecimiento de estas especies.

Por otra parte, Kayama (1979), realizó pruebas de pulpeo para 60

especies de maderas tropicales, estudiando las relaciones entre las propiedades químicas de la madera y las características morfológicas y de pulpeo con las propiedades del papel. Así mismo, Inoue, *et al.*, (1982), realizaron un estudio sobre la morfología, dimensiones de fibras y vasos, características químicas, características de pulpa kraft y características de blanqueo de la pulpa de 24 maderas de América Central. Ambos estudios coinciden en que las pulpas producidas con mezclas de varias de estas especies presentan una elevada densidad y alto contenido de lignina, resultando bajo el rendimiento de blanqueado; sin embargo, mencionan que es posible mediante el proceso kraft producir papel para impresión y escritura de buena calidad.

Barrichuelo *et al.*, (1983), afirman que la densidad básica de la madera se encuentra fuertemente correlacionada con el grosor de pared de la fibra, diámetro del lumen y longitud de la fibra; esto tiene un efecto en la calidad de la pulpa, puesto que una madera pesada que tiene pared celular gruesa y lúmenes angostos y por lo tanto más sustancia madera y menos espacios vacíos por unidad de volumen, producirá una pulpa de menor calidad al relacionar sus dimensiones de grosor de pared entre diámetro de lumen en tanto que ocurrirá lo contrario con maderas de baja densidad.

En los trabajos realizados por Flamand (1965), Guridi (1968), De la Paz *et al.*, (1979), De la Paz *et al.*, (1980), De la Paz y Corral (1980), Flores (1981), Corral (1981), Rogel (1982a), Rogel (1982b), De la Paz y Corral (1982), De la Paz (1982a), De la Paz (1982b), De la Paz (1985), Corral (1985), y Bucio (1993), se caracterizan diversas maderas latifoliadas mexicanas desde el punto de vista anatómico, proporcionando las dimensiones medias, máximas y mínimas

de los elementos mensurables, además de señalar los usos a los que se les puede destinar, siendo uno de ellos el de pulpa para papel. Sin embargo, como ya se apuntó, son las relaciones de las dimensiones de las fibras lo que indicará si una madera es apropiada para producir pulpa para papel de una determinada calidad.

METODOLOGIA

Partiendo de la base de que con los estudios anatómicos se proporcionan las bases para realizar estudios posteriores, se realizó una consulta bibliográfica recopilando los valores promedios de longitud de fibra, diámetro de fibra y grosor de pared de las fibras de la madera de 132 especies de latifoliadas. El diámetro del lumen se calculó por diferencia entre el diámetro de fibra con el grosor de la pared, esta última multiplicada por dos.

Los trabajos realizados por Huerta y Corral (1975), Luna (1983) y Casey (1990), señalan que la densidad básica de la madera influye en la calidad de la pulpa, por lo cual estos valores también se obtuvieron bibliográficamente, con el fin de analizar cómo y en qué forma se da esta relación.

Utilizando los valores medios de longitud, grosor de las paredes de la fibra, diámetro del lumen y diámetro de fibra, se realizó la determinación de los siguientes índices de calidad de la pulpa para papel:

1.- Coeficiente o índice de rigidez:

$$C. R. = 2w / D \quad (1)$$

2.- Coeficiente de flexibilidad:

$$C. F. = l / D \quad (2)$$

Indices de calidad de pulpa para papel. Tamarit

3. Coeficiente de Peteri o índice de esbeltez:

$$I. E. = L / D \quad (3)$$

4. Relación de Runkel:

$$R. R. = 2w / l \quad (4)$$

Donde:

D = diámetro de la fibra

L = longitud de la fibra

l = diámetro del lumen

2w = grosor de la pared de la fibra

La calidad de la pulpa de la madera de cada especie se determinó con base en la clasificación usada por Larios (1979), en la cual se consideran cinco grados para la relación de Runkel (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de la relación de Runkel ($2w / l$) (Larios, 1979)

GRADO	RANGO	CLASIFICACION
I	< 0.25	Excelente
II	0.25 - 0.50	Muy buena
III	0.50 - 1.00	Buena
IV	1.00 - 2.00	Regular
V	> 2.00	Mala

RESULTADOS

En la figura 1 se muestra el número de especies para cada calidad de pulpa con base en la clasificación de la relación de Runkel y en la Tabla 2 se muestran los valores de densidad básica (peso anhidro/volumen verde), y las medias de las dimensiones de las fibras, obtenidas de la revisión bibliográfica, los resultados para índices de calidad de pulpa para papel calculados con las fórmulas (1), (2), (3) y (4) así como la clasificación para cada especie estudiada.

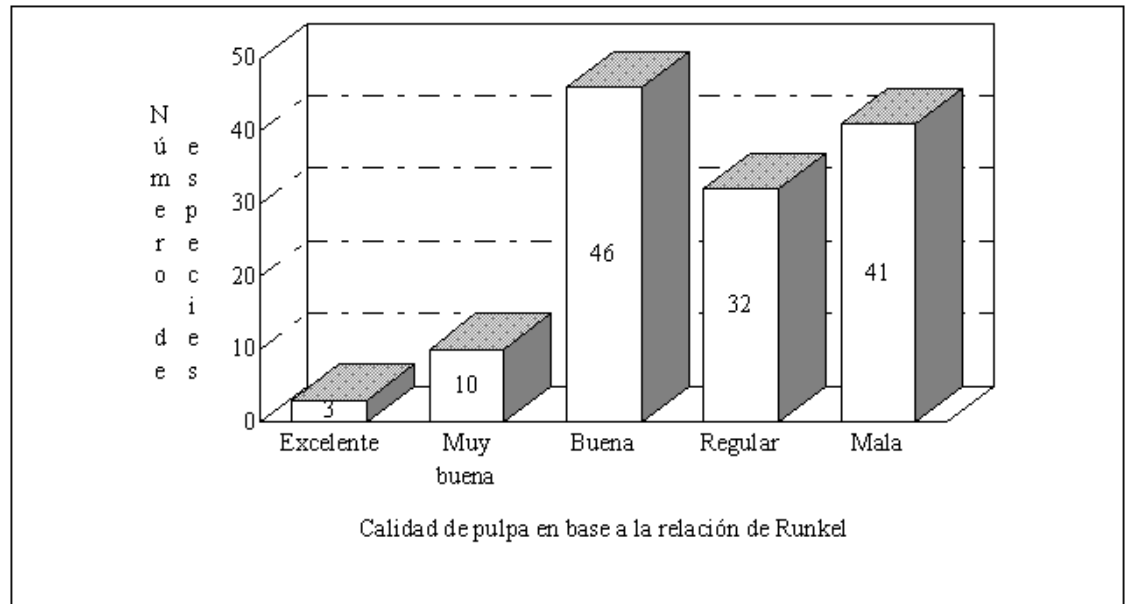


Figura 1. Número de especies por calidad de pulpa con base en la clasificación de la relación de Runkel

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Densidad de la madera

Al analizar la influencia de la densidad básica de 89 maderas (67% del total estudiadas) en la calidad de la pulpa, se pudo observar que los valores de densidad más bajos, y los intermedios resultaron asociados a las mejores calidades (excelente, muy buena y buena). Esta relación se nota más claramente con densidades extremas (altas), como es el caso de la mayoría de los encinos que presentaron fibras de paredes gruesas con valores altos de la relación de Runkel, lo que originó pulpas de baja calidad, coincidiendo coincide con Amidon (1981), Luna (1983) y Casey (1990), que afirman que la densidad de la madera está fuertemente relacionada en forma inversamente proporcional con la calidad de la pulpa, en donde a menor densidad, la calidad de

pulpa es mayor.

Largo de la fibra

Es idea generalizada que fibras largas dan resistencia al papel; aunque en ocasiones la resistencia a la tensión, que habitualmente es la propiedad más asociada con la mayor resistencia del papel depende más bien del enlace entre las fibras que de la longitud de éstas, de tal manera que fibras de madera suave no batidas producen papel muy bajo en cuanto a esta propiedad, aun cuando sus fibras son largas (Casey, 1990); en este sentido la tendencia no es clara en las especies estudiadas, ya que no siempre las mayores longitudes reflejaron una mejor calidad de pulpa. Esto fue debido a la influencia de las otras dimensiones, sobre todo el grosor de las paredes.

Tabla 2. Densidad básica, dimensiones de las fibras, índices de calidad de pulpa y clasificación de calidad de pulpa por especie

ESPECIE	D.B. (pa/ vv)	FIBRAS				ÍNDICE DE CALIDAD				CLASSIF.
		L (m)	D (m)	t (m)	W (m)	C.R.	C.F.	I.E.	R.R.	
<i>Guatteria anomala</i> (13)	0.34	2189	35	29	3	0.17	0.82	62.54	0.20	Excelente
<i>Persea americana</i> (13)	0.40	1525	32	26	3	0.18	0.81	47.65	0.23	Excelente
<i>Phoebe</i> aff. <i>affusa</i> (13)		1074	32	26	3	0.18	0.81	33.56	0.23	Excelente
<i>Fraxinus udhei</i> (6)	0.60	1115	31	21	5	0.32	0.67	35.96	0.47	Muy buena
<i>Jacaranda acutifolia</i> (7)		903	14	10	2	0.28	0.71	64.50	0.40	Muy buena
<i>Nectandra</i> aff. <i>tabascensis</i> (13)	0.46	1350	36	28	4	0.22	0.77	37.50	0.28	Muy buena
<i>Oreopanax xalapensis</i> (5)		1394	39	27	6	0.30	0.69	35.74	0.44	Muy buena
<i>Quercus sartorii</i> (2)	0.53	1298	39	29	5	0.25	0.74	33.28	0.34	Muy buena
<i>Sapium lateriflorum</i> (3)	0.50	1232	28	22	3	0.21	0.78	44.00	0.27	Muy buena
<i>Schizolobium parahybum</i> (5)	0.30	1480	31	23	4	0.25	0.74	47.74	0.34	Muy buena
<i>Simarouba glauca</i> (5)	0.46	1316	22	16	3	0.27	0.72	59.81	0.37	Muy buena
<i>Spondias mombin</i> (5)	0.45	1161	31	23	4	0.25	0.74	37.45	0.34	Muy buena
<i>Tilia mexicana</i> (7)	0.32	1312	28	20	4	0.28	0.71	46.85	0.40	Muy buena
<i>Acacia melanoxylon</i> (5)		1053	21	13	4	0.38	0.61	50.14	0.61	Buena
<i>Alnus arguta</i> (6)	0.37	1283	32	20	6	0.37	0.62	40.09	0.60	Buena
<i>Alseis yucatanensis</i> (5)	0.58	996	23	13	5	0.43	0.56	43.30	0.76	Buena
<i>Ampelocera hottlei</i> (5)	0.64	1002	15	9	3	0.40	0.60	66.80	0.66	Buena
<i>Bellotia mexicana</i> (5)		1492	41	27	7	0.34	0.65	36.39	0.51	Buena
<i>Buddlera parviflora</i> (5)		948	29	17	6	0.41	0.58	32.68	0.70	Buena
<i>Byrsonimia crassifolia</i> (5)	0.63	1349	24	14	5	0.41	0.58	56.20	0.71	Buena
<i>Carpinus carolineana</i> (7)	0.68	1179	21	11	5	0.47	0.52	56.14	0.90	Buena
<i>Casuarina equisetifolia</i> (7)	0.68	1220	17	11	3	0.35	0.64	71.76	0.54	Buena
<i>Cedrela odorata</i> (5)	0.36	1372	22	14	4	0.36	0.63	62.36	0.57	Buena
<i>Ceiba pentandra</i> (5)	0.23	1923	28	18	5	0.35	0.64	68.67	0.55	Buena
<i>Clethra lanata</i> (7)		3411	42	26	8	0.38	0.61	81.21	0.61	Buena
<i>Clethra mexicana</i> (7)		2333	35	21	7	0.40	0.60	66.65	0.66	Buena
<i>Cornus disciflora</i> (7)	0.70	1679	28	18	5	0.35	0.64	59.96	0.55	Buena
<i>Croton glabellus</i> (5)	1.00	1031	24	14	5	0.41	0.58	42.95	0.71	Buena
<i>Cupania dentata</i> (5)	0.59	1081	19	11	4	0.42	0.57	56.89	0.72	Buena
<i>Dendropanax arboreus</i> (5)	0.40	1490	31	17	7	0.45	0.54	48.06	0.82	Buena
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (3)	0.45	1067	27	17	5	0.37	0.62	39.51	0.58	Buena
<i>Garrya longifolia</i> (7)		1485	33	17	8	0.48	0.51	45.00	0.94	Buena
<i>Grevillea robusta</i> (7)		1495	27	17	5	0.37	0.62	55.37	0.58	Buena
<i>Guazuma umifolia</i> (5)		1393	20	12	4	0.40	0.60	69.65	0.66	Buena
<i>Guettarda seleriana</i> (5)		2112	35	19	8	0.45	0.54	60.34	0.84	Buena
<i>Inga hintoni</i> (7)	0.71	1137	29	17	6	0.41	0.58	39.20	0.70	Buena
<i>Inga spuria</i> (3)	0.61	1186	22	14	4	0.36	0.63	53.90	0.57	Buena
<i>Licaria campechiana</i> (13)	0.84	1330	16	10	3	0.37	0.62	83.12	0.60	Buena
<i>Lonchocarpus castilloi</i> (3)	0.69	1329	21	11	5	0.47	0.52	63.28	0.90	Buena
<i>Lonchocarpus longistylus</i> (3)		1491	21	11	5	0.47	0.52	71.00	0.90	Buena
<i>Populus mexicana</i> (7)		1447	21	13	4	0.38	0.61	68.90	0.61	Buena
<i>Populus simaroa</i> (7)		1302	29	17	6	0.41	0.58	44.89	0.70	Buena
<i>Populus tremoloides</i> (7)		945	21	11	5	0.47	0.52	45.00	0.90	Buena
<i>Prunus rhamnoides</i> (7)	0.66	877	22	12	5	0.45	0.54	39.86	0.83	Buena
<i>Pterocarpus rohrii</i> (6)	0.45	1482	27	17	5	0.37	0.62	54.88	0.58	Buena

cont...

Tabla 2. Densidad básica, dimensiones de las fibras, índices de calidad de...

ESPECIE	D.B. (pa/ vv)	FIBRAS				INDICE DE CALIDAD				CLASSIF.
		L (m)	D (m)	l (m)	W (m)	C.R.	C.F.	I.E.	R.R.	
<i>Quararibea funebris</i> (12)	0.48	2557	41	25	8	0.39	0.60	62.36	0.64	Buena
<i>Quercus fulva</i> (2)		1270	21	11	5	0.47	0.52	60.47	0.90	Buena
<i>Robinsonella mirandae</i> (5)	0.49	1313	31	17	4	0.37	0.62	48.62	0.58	Buena
<i>Salix chilensis</i> (7)		1047	22	14	4	0.36	0.63	47.59	0.57	Buena
<i>Schinus molle</i> (7)		674	20	14	3	0.30	0.70	33.70	0.42	Buena
<i>Styrax ramirezii</i> (6)	0.45	1726	30	18	6	0.40	0.60	57.53	0.66	Buena
<i>Swietenia macrophylla</i> (5)	0.42	1389	26	18	4	0.30	0.69	53.42	0.44	Buena
<i>Talauma mexicana</i> (13)	0.49	2459	33	19	7	0.42	0.57	74.51	0.73	Buena
<i>Temstroemia pringlei</i> (7)		1936	40	24	8	0.40	0.60	48.40	0.66	Buena
<i>Tilia occidentalis</i> (7)		1364	23	15	4	0.34	0.65	59.30	0.53	Buena
<i>Vitex gaumeri</i> (5)	0.67	1742	25	15	5	0.40	0.60	69.68	0.66	Buena
<i>Vochysia hondurensis</i> (5)	0.43	1433	31	19	6	0.38	0.61	46.22	0.63	Buena
<i>Zinowiewia aff. concinna</i> (6)	0.50	1417	30	18	6	0.40	0.60	47.23	0.66	Buena
<i>Zinowiewia integerrima</i> (7)		1388	21	13	4	0.38	0.61	66.09	0.61	Buena
<i>Arbutus xalapensis</i> (6)	0.58	726	26	10	8	0.61	0.38	27.92	1.60	Regular
<i>Aspidosperma megalocarpum</i> (6)	0.67	1819	26	10	8	0.61	0.38	70.34	1.60	Regular
<i>Astronium graveolens</i> (5)	0.72	1342	22	10	6	0.54	0.45	61.00	1.20	Regular
<i>Blepharidium mexicanum</i> (5)	0.60	1889	27	11	8	0.59	0.40	69.96	1.45	Regular
<i>Bursera simarouba</i> (5)	0.43	13	24	12	6	0.50	0.50	0.54	1.00	Regular
<i>Calophyllum brasiliense</i> (5)	0.54	1317	16	8	4	0.50	0.50	82.31	1.00	Regular
<i>Chiranthodendron pentadactylon</i> (12)		1298	22	10	6	0.54	0.45	59.00	1.20	Regular
<i>Eurya mexicana</i> (7)		2284	45	19	13	0.57	0.42	50.75	1.36	Regular
<i>Guarea glabra</i> (12)	0.51	1084	16	6	5	0.62	0.37	67.75	1.66	Regular
<i>Guettarda elliptica</i> (3)		1665	20	10	5	0.50	0.50	83.25	1.00	Regular
<i>Ilex toluana</i> (7)	0.63	1655	20	8	6	0.60	0.40	82.75	1.50	Regular
<i>Lonchocarpus rugosus</i> (3)	0.91	1452	20	8	6	0.60	0.40	72.60	1.50	Regular
<i>Luhea speciosa</i> (3)		1611	23	11	6	0.52	0.47	70.04	1.09	Regular
<i>Metopium brownei</i> (5)	0.80	1445	26	12	7	0.53	0.46	55.57	1.16	Regular
<i>Ostrya guatemalensis</i> (7)		1514	19	7	6	0.63	0.36	79.68	1.71	Regular
<i>Pithecellobium arboreum</i> (4)	0.65	1174	27	13	7	0.51	0.48	43.58	1.07	Regular
<i>Pouteria mammosa</i> (5)	0.69	1970	29	13	8	0.55	0.44	67.93	1.23	Regular
<i>Prunus brachybotrya</i> (7)	0.64	1080	19	9	5	0.52	0.47	56.84	1.11	Regular
<i>Protium copal</i> (11)		768	16	8	4	0.50	0.50	48.00	1.00	Regular
<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i> (11)	0.65	1421	20	8	6	0.60	0.40	71.05	1.50	Regular
<i>Quercus conspersa</i> (9)	0.62	1256	22	8	7	0.63	0.36	57.09	1.75	Regular
<i>Quercus durifolia</i> (10)		1538	19	7	6	0.63	0.36	80.94	1.71	Regular
<i>Quercus glabrescens</i> (11)	0.77	1273	17	7	5	0.58	0.41	74.88	1.42	Regular
<i>Quercus martinezii</i> (1)		1519	10	16	5	0.50	0.50	47.46	1.00	Regular
<i>Quercus peduncularis</i> (2)		1238	24	12	6	0.50	0.50	51.58	1.00	Regular
<i>Quercus resinosa</i> (1)		1501	12	12	6	0.62	0.37	46.90	1.66	Regular
<i>Quercus sideroxyla</i> (8)	0.60	1462	23	9	7	0.60	0.39	63.56	1.55	Regular
<i>Quercus uxoris</i> (2)	0.83	1530	23	9	7	0.60	0.39	66.52	1.55	Regular
<i>Sickingia salvadorensis</i> (3)	0.66	1571	27	13	7	0.51	0.48	58.18	1.07	Regular
<i>Sideroxylon aff. gaumeri</i> (5)	0.81	1673	15	7	4	0.53	0.46	111.5	1.14	Regular
<i>Vatairea lundellii</i> (5)	0.66	1428	24	12	6	0.50	0.50	59.50	1.00	Regular
<i>Zuelania guidonia</i> (5)	0.61	1560	25	9	8	0.64	0.36	62.40	1.77	Regular

...cont..Tabla 2. Densidad básica, dimensiones de las fibras, índices de calidad de...

ESPECIE	D.B. (pa/ vv)	FIBRAS				ÍNDICE DE CALIDAD				CLASSIF.
		L (μ)	D (μ)	t (μ)	W (μ)	C.R.	C.F.	I.E.	R.R.	
<i>Brosimum alicastrum</i> (5)	0.73	1306	14	4	5	0.71	0.28	93.28	2.50	Mala
<i>Bucida buceras</i> (5)	0.75	1788	16	4	6	0.75	0.25	111.7	3.00	Mala
<i>Bucida macrostachya</i> (5)	1.02	1170	14	4	5	0.71	0.28	83.57	2.50	Mala
<i>Caesalpinia platyloba</i> (5)	0.94	1625	17	1	8	0.94	0.05	95.58	16.00	Mala
<i>Carpodiptera ameliae</i> (5)		1661	18	4	7	0.77	0.22	92.27	3.50	Mala
<i>Celastrus aff. pringlei</i> (7)	0.47	1762	26	8	9	0.69	0.30	67.76	2.25	Mala
<i>Coccoloba barbadensis</i> (5)	0.99	1989	30	10	10	0.66	0.33	66.30	2.00	Mala
<i>Dialium guianense</i> (4)	0.79	1153	19	1	16	0.96	0.04	46.12	24.0	Mala
<i>Dipholis salicifolia</i> (5)	0.84	1457	19	3	8	0.84	0.15	76.68	5.33	Mala
<i>Dipholis stevensoni</i> (5)	0.80	1449	21	7	7	0.66	0.33	69.00	2.00	Mala
<i>Exostema maxicanum</i> (5)		1470	23	7	8	0.69	0.30	63.91	2.28	Mala
<i>Gymnanthes lucida</i> (12)	1.12	1068	13	1	6	0.92	0.07	82.15	12.0	Mala
<i>Liquidambar styraciflua</i> (6)	0.46	1839	27	3	12	0.88	0.11	68.11	8.00	Mala
<i>Macluria tinctoria</i> (5)	0.71	955	15	5	5	0.66	0.33	63.66	2.00	Mala
<i>Myroxylon balsamum</i> (8)		1067	14	4	5	0.71	0.28	76.21	2.50	Mala
<i>Parmentiera edulis</i> (12)		690	11	3	4	0.72	0.27	62.72	2.66	Mala
<i>Pithecellobium flexicaule</i> (5)	0.52	895	14	4	5	0.71	0.28	63.92	2.50	Mala
<i>Platanus mexicana</i> (7)	0.46	1439	17	5	6	0.70	0.29	84.64	2.40	Mala
<i>Platymiscium yucatanum</i> (5)	0.61	1388	22	7	15	0.68	0.31	63.09	2.14	Mala
<i>Pouteria campechiana</i> (11)	0.76	1473	20	2	9	0.90	0.10	73.65	9.00	Mala
<i>Pouteria unilocularis</i> (11)	0.98	1029	14	4	5	0.71	0.28	73.50	2.50	Mala
<i>Prosopis laevigata</i> (8)	0.83	1095	15	5	5	0.66	0.33	73.00	2.00	Mala
<i>Quercus castanea</i> (1)		1819	13	3	5	0.76	0.23	139.9	3.33	Mala
<i>Quercus coccolobifolia</i> (10)		1111	21	7	7	0.66	0.33	52.90	2.00	Mala
<i>Quercus convallata</i> (8)	0.71	1575	20	6	7	0.70	0.30	78.75	2.33	Mala
<i>Quercus crassifolia</i> (10)	0.64	1689	21	5	8	0.76	0.23	80.42	3.20	Mala
<i>Quercus crassipes</i> (1)		1588	13	3	5	0.76	0.23	122.1	3.33	Mala
<i>Quercus deserticola</i> (1)		1712	14	2	6	0.85	0.14	122.2	6.00	Mala
<i>Quercus excelsa</i> (2)	0.91	1676	22	6	8	0.72	0.27	76.18	2.66	Mala
<i>Quercus laurina</i> (10)	0.69	1571	25	7	9	0.72	0.28	62.84	2.57	Mala
<i>Quercus magnolifolia</i> (2)		1538	20	6	7	0.70	0.30	76.90	2.33	Mala
<i>Quercus obtusata</i> (10)	0.76	1479	22	4	9	0.81	0.18	67.22	4.50	Mala
<i>Quercus oleoides</i> (2)		1202	17	5	6	0.70	0.29	70.70	2.40	Mala
<i>Quercus potosina</i> (8)	0.74	1227	18	6	6	0.66	0.33	68.16	2.00	Mala
<i>Quercus skinerii</i> (9)	0.82	1603	19	1	9	0.94	0.05	84.36	18.0	Mala
<i>Swartzia cubensis</i> (4)	0.83	1389	23	5	15	0.82	0.17	47.89	4.80	Mala
<i>Sweetia panamensis</i> (4)	0.80	973	17	4	10	0.83	0.16	40.54	5.00	Mala
<i>Tabebuia rosea</i> (6)	0.50	1010	18	3	10	0.86	0.13	43.91	6.66	Mala
<i>Talisia olivaeformis</i> (12)	0.84	1106	15	1	7	0.93	0.06	73.33	14.0	Mala
<i>Terminalia amazonia</i> (6)	0.61	1520	24	4	16	0.88	0.11	42.22	8.00	Mala
<i>Vaccinium leucanthum</i> (7)		929	23	7	8	0.69	0.30	40.39	2.28	Mala

Los términos están descritos en I metodología

El número entre paréntesis indica la referencia de donde se obtuvieron los datos de dimensiones de las fibras (Apéndice)

Por otra parte, durante el refinado de la pulpa para que alcance sus resistencia máximas, las pulpas de madera de angiospermas y por lo tanto de fibras relativamente cortas ocasionan velocidades lentas de producción en las máquinas de papel y costos más elevados (Casey, 1990), y en contraparte Britt (1970) señala que estas mismas fibras cortas dan mejores resultados en la formación de la hoja y en la lisura de la superficie.

Diámetro del lumen y diámetro de fibra

El comportamiento que muestran las fibras durante el proceso de pulpeo es el reflejo de sus características (Luna, 1983), de tal manera que maderas que presentaron un diámetro amplio tanto del lumen como de la fibra, producen pulpas de muy buena y buena calidad. Lo anterior coincide con Horn (1978), Tamolang y Wangaard (1961) y Wangaard (1962), cuando afirman que precisamente esas características de las fibras contribuyen al desarrollo del colapso, propiciando a la vez una mayor formación de enlaces entre ellas, mejorando así la calidad de las pulpas producidas.

Grosor de pared

Se observó una relación directa entre el grosor de pared con la calidad de la pulpa, en donde a menor grosor, mejor es la calidad, lo que coincide con Britt (1970), quien señala que las fibras de pared delgada tienden a colapsarse tomando forma de listones estructurales durante el pulpeo y la formación de la hoja. Por otro lado el mismo autor señala que las fibras de pared gruesa se mantienen rígidas, no se colapsan, tienen muy poca superficie de contacto y por lo tanto la unión fibra a fibra es pobre, por lo que el papel fabricado con fibras de pared gruesa es de baja resistencia, voluminoso y con una gran cantidad de

espacios vacíos, en tanto que empleando fibras de pared delgadas, presenta mayor adherencia, uniones compactas y fuertes, mayor resistencia a la tensión, explosión y rasgado.

Indices de calidad

Las relaciones de las dimensiones de las fibras contribuyen positiva o negativamente en el tipo y en la calidad del papel producido (Luna, 1983). Considerando el criterio de Tamolang y Wangaard (1961), Amidon (1981) y Horn (1978) quienes se basan en apreciaciones globales sobre la calidad de la pulpa donde no importa el tipo de papel que se pudiese formar con ella, se puede decir que la pulpa es de calidad aceptable cuando el papel resultante presenta elevada densidad, gran resistencia a la fuerza de tensión, de explosión y de rasgado, así como al paso del agua y del aire, lo mismo que buenas propiedades para la escritura e impresión.

Se esperaría entonces, producir una pulpa de buena calidad con aquellas maderas que presentan un valor alto en el coeficiente de flexibilidad y valores bajos en el índice de rigidez, en el coeficiente de Peteri y en la relación de Runkel. Esto coincide con Wangaard (1962) y Britt (1970), cuando establecen que al aumentar el diámetro del lumen de las fibras se presenta una reducción en el grosor de las paredes, es decir en la rigidez, provocando aumento en la flexibilidad de la fibra y a la vez una mayor tendencia al desarrollo de uniones entre las fibras, produciendo un volumen reducido de pulpa lo que provoca una elevada densidad y una hoja de buena formación, la cual tendrá las características de resistencia, paso de agua y aire y de impresión ya señaladas.

Es importante señalar que en la calidad de la pulpa también influyen el

porcentaje de madera temprana y tardía, la cantidad y tipo de inclusiones, y la proporción de las fibras respecto a vasos, rayos y parénquima (Amidon, 1981), y que las propiedades del papel a producir, además de depender de las relaciones dimensionales de las fibras, están influenciadas por el tipo de separación de fibras (químico, semiquímico o mecánico) y sus variantes (sulfato, alcalino, sulfito, etc.), así como por el método de fibrilación (blanqueo y/o refinación) (Luna, 1983).

Con relación a la influencia de la proporción de lignina, celulosa y hemicelulosa sobre la calidad de la pulpa, Earl (1979) menciona que un alto contenido de lignina disminuye la calidad y dificulta el proceso de blanqueo, afectándose su rendimiento, en tanto que una mayor proporción de celulosa, influye en una mejor calidad con rendimientos elevados. Por su parte, un alto contenido de hemicelulosas contribuye en mucho a las resistencia a la tensión, explosión y doblez de la hoja de pulpa, aunque para un tipo específico de papel, existe a menudo un contenido óptimo de hemicelulosas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. De acuerdo con la relación de Runkel, las calidades de las pulpas de las especies estudiadas resultaron: tres con calidad excelente, diez con calidad muy buena, cuarenta y seis con calidad buena, treinta y dos con calidad regular y cuarenta y uno con calidad pobre.
2. Las maderas con fibras más largas, paredes delgadas, diámetro del lumen anchos y densidades bajas a intermedias producen calidad de pulpa excelente, muy buena y buena.

3. Es necesario considerar el tipo de papel que se quiere producir y con base en ello seleccionar la madera que tenga fibras con las dimensiones requeridas para producirlo.
4. Al producir un papel con características específicas, sería posible elaborar mezclas de maderas latifoliadas con maderas de coníferas con índices de calidad pulpa conocidos que reúnan las características requeridas.
5. De acuerdo con los resultados obtenidos, sería conveniente desarrollar plantaciones comerciales para obtención de materia prima para celulosa y papel con especies tales como: *Schizolobium parahybum*, *Spondias mombin*, *Tilia mexicana*, *Jacaranda acutifolia*, *Nectandra* aff. *tabascensis* y en general de aquellas especies que tuvieron las mejores calidades de pulpa y sobre todo considerar las que sean de rápido crecimiento que permiten obtener altos volúmenes en áreas más reducidas en poco tiempo.
6. Ante la notoria escasez de materia prima para pulpa para papel de maderas de coníferas, aunado al precio relativamente menor de las maderas latifoliadas, se justifican y hacen necesarias nuevas investigaciones y trabajos complementarios al presente, en los que se determinen las propiedades físicas y mecánicas del papel producido con especies que tuvieron las mejores calidades, además de realizar estudios en relación con la caracterización de los componentes químicos de estas maderas.

REFERENCIAS

- Amidon, T.E. 1981. Effect of wood properties of hardwoods on kraft paper properties. *Tappi* 64(3):123-125.
- Barrichuelo, L.E.G., C.E.B. Foelkel, J.V. Gonzaga, y C.A. Busnardo. 1983. Basic density and characterists of *Eucalyptus grandis* wood fibers. In: Proceedings of ABCP 16th Annual Meeting, 3rd Latin American cellulose and papers Congress. Sao Paulo, Brazil. pp: 113-125.
- Britt, K.W. 1970. Handbook of pulp and paper technology. Van Nostrand Reinhold. N. Y. EUA. 723 p.
- Bucio S., Y.H. 1993. Características anatómicas de la madera de cinco encinos del estado de Michoacán. *Boletín técnico* No. 109. SARH. INIFAP. México. 52 p.
- Cámara Nacional de la Industria Forestal. 1993. Memoria estadística. 28 p.
- Casessa A., E. 1980. Aspectos anatómicos de la madera en relación con la fabricación de papel. *Tecnología en Marcha* 3(2):33-37.
- Casey, P.J. 1990. Pulpa y papel. Química y tecnología química. Volumen 1. Editorial LIMUSA. pp:187-192.
- Corral L., G. 1981. Anatomía de la madera de siete especies del género *Quercus*. *Boletín técnico* No. 72. SARH. INIF. México. 56 p.
- Corral L., G. 1985. Características anatómicas de la madera de once especies tropicales. *Boletín técnico* No. 127. SARH. INIF. México. 68 p.
- De la Paz P. O., C., F. Robles G. y A. Simental S., 1979. Determinación de las características anatómicas y fisico-mécánicas de la madera de 4 especies de leguminosas. *Boletín técnico* No. 61. SARH. INIF. México. 36 p .
- De la Paz P. O., C., T.F. Carmona V. y M. Rogel G. 1980. Estudio anatómico de la madera de 43 especies tropicales. *Boletín técnico* No. 63. SARH. INIF. México. 276 p.
- De la Paz P. O., C. y G. Corral L. 1980. Estudio anatómico de la madera de once especies de angiospermas. *Boletín técnico* No. 64. SARH. INIF. México. 80 p.
- De la Paz P. O., C. y G. Corral L. 1982. Estudio anatómico de la madera de 26 especies de angiospermas de clima templado. *Boletín técnico* No. 91. SARH. INIF. México. 128 p.
- De la Paz P. O., C. 1982a. Anatomía de la madera de cinco especies de encinos de Durango. *Boletín técnico* No. 43. SARH. INIF. México. 36 p.
- De la Paz P. O., C. 1982b. Estructura anatómica de cinco especies del género *Quercus*. *Boletín técnico* No. 88. SARH. INIF. México. 64 p.
- De la Paz P. O., C. 1985. Características anatómicas de siete especies del género *Quercus*. SARH. INIF. *Boletín técnico* No. 123. México. 72 p.
- Earl, L.C. 1979. Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel. Tomo I: pulpa. CECSA. pp:39-78.
- Flamand, R.J. 1965. Etude botanique et technologique de trois essences forestieres tropicales. Institut

Agronomique de l' etat. Gembleux. Bélgica. 53 p.

Flores R., L.J. 1981. Anatomía de la madera de tres especies tropicales mexicanas. Boletín técnico No. 24. SARH. INIF. México. 14 p.

Guridi G., L. 1968. Anatomía de la madera de 5 especies tropicales de importancia económica. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 34 p.

Horn, R.A. 1978. Morphology of pulp fiber from hardwoods and influence on paper strength. Forest Products Laboratory. Forest Service. US Department of Agriculture. 8 p.

Huerta C., J y G. Corral L. 1975. Características tecnológicas de las pulpas de 10 coníferas. VI Congreso Mexicano de Botánica. Xalapa, México. 10 p.

Inoue, H., M. Moriya y T. Akiyama. 1982. Bleached kraft pulps from Costa Rican woods. Japan Tappi 26(6):256-262.

Kayama, T. 1979. Pulping and papermaking properties and wood properties of tropical hardwoods. In: Tamolang, F. N. Ed. Wood quality and utilization of tropical species. Proceedings. International Union of Forestry Research Organizations. College, Laguna, Filipinas. pp:197-209.

Indices de calidad de pulpa para papel. Tamarit

Larios S., P. 1979. Indices de calidad de las pulpas de dos coníferas. Tesis profesional. Departamento de Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 68 p.

Luna O., T. 1983. Determinación de los índices de calidad de las pulpas de 29 maderas tropicales de Chiapas. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. México. 54 p.

Paula J., E. de. 1977. Anatomia de madeiras da Amazonia com vistas a pulpa e papel. Acta Amazonica 7(2):273-288.

Rogel G., M.A. 1982a. Características anatómicas de la madera de siete especies tropicales. Boletín técnico No. 86 SARH. INIF. México. 56 p.

Rogel G., M.A. 1982b. Estudio anatómico de la madera de seis especies tropicales. Boletín técnico No 89. SARH. INIF. México. 72 p.

Tamolang, F.N. y F.F. Wangaard. 1961. Relationships between fiber characteristics and pulp-sheet properties. Tappi 44(3):201-216.

UNOFC. 1994. Primer informe del estudio Competitividad Internacional de la Unión Nacional de Organizaciones de Forestería Comunal. 80 p.

Wangaard, F.F. 1962. Contributions of hardwoods fibers to the properties of kraft pulps. Tappi 45(7):548-556.

APENDICE

Referencias de donde se obtuvieron los valores de dimensiones de las fibras de las maderas estudiadas

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 1. Bucio, 1993 | 8. De la Paz, 1980 |
| 2. Corral, 1981 | 9. De la Paz, 1982 |
| 3. Corral, 1985 | 10. De la Paz, 1985 |
| 4. De la Paz <i>et al.</i> , 1979 | 11. Flores, 1981 |
| 5. De la Paz <i>et al.</i> , 1980 | 12. Rogel, 1982a |
| 6. De la Paz y Corral, 1980 | 13. Rogel, 1982b |
| 7. De la Paz <i>et al.</i> , 1980 | |
-