

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

*Facultad de Ciencias Forestales*



**Estudio de las propiedades de la fibra  
vegetal ("kapok") de *Ceiba trichistandra*  
en función a clase diamétrica y nivel  
altitudinal, proveniente del bosque seco  
de Bolívar, Cajamarca**

*Tesis para optar el Título de*  
**INGENIERO FORESTAL**

**Alonso Pablo Castro Revilla**

Lima – Perú  
2007

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el bosque seco del distrito de Bolívar, ubicado en la vertiente occidental del departamento de Cajamarca, en donde se obtuvo la fibra vegetal del fruto de la especie "ceibo" (*Ceiba trichistandra*). La fibra, llamada "kapok", fue ensayada con el fin de ampliar los escasos conocimientos que existen en el Perú sobre este producto, y así mejorar su utilización. Se determinaron el rendimiento y las propiedades físico-químicas en función a la clase diamétrica y al nivel altitudinal en el que se encontraban los árboles productores. Los rendimientos obtenidos variaron entre 2,98 % y 16,59 %. Las pruebas químicas encontraron un contenido de celulosa de 40 % a 53 %, así como un 2,83-14,64 % de material extraíble en etanol; el índice de solubilidad en hidróxido de sodio promedio fue de 33,06 %. Se midieron haces de fibras ("mechas"), dando longitudes de 18-51 mm.; asimismo, el diámetro de las fibras varió entre 13 y 24 micras; la tensión de ruptura fue de 30,18-160,13 N / mm<sup>2</sup>; la temperatura de ignición, de 264-318° C; las fibras, sumergidas en agua, presentaron una absorción de 59,5-380,21 % respecto a su masa original. El análisis estadístico encontró influencia del nivel altitudinal sobre la longitud de mecha, la tensión de ruptura y la absorción de agua. La clase diamétrica, por su parte, sólo influyó la longitud de mecha. El rendimiento, el diámetro de las fibras y la temperatura de ignición de las mismas no fueron influenciados por las variables.

# ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
RESUMEN .....	V
ÍNDICE .....	VI
LISTA DE CUADROS.....	IX
LISTA DE FIGURAS .....	X
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1.1 <i>clasificación taxonómica</i> .....	3
2.1.2 <i>nombres comunes</i> .....	3
2.1.3 <i>descripción botánica</i> .....	3
2.1.4 <i>distribución</i> .....	4
2.1.5 <i>importancia económica y usos</i> .....	5
2.2 FIBRA VEGETAL DE CEIBO O KAPOK .....	8
2.3.1 <i>resistencia</i> .....	10
2.3.2 <i>conductividad térmica</i> .....	12
2.3.3 <i>inflamabilidad</i> .....	13
2.3.4 <i>absorción</i> .....	17
2.4 FIBRAS VEGETALES USADAS EN TEXTILES Y AISLAMIENTO .....	18
2.4.1 <i>características de las fibras textiles</i> .....	18
2.4.2 <i>materiales fibrosos aislantes en construcción y relleno</i> .....	19
2.5 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO .....	21
2.6 AREA DE ESTUDIO .....	22
2.6.1 <i>clima y ecología</i> .....	22
2.6.2 <i>uso actual y potencial de la tierra</i> .....	24
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
3.1 AREA DE COLECCIÓN DE LA MUESTRA .....	25
3.1.1 <i>ubicación</i> .....	25
3.1.2 <i>descripción del área</i> .....	26
3.2 MATERIA PRIMA .....	27
3.2.1 <i> acondicionamiento de la materia prima</i> .....	29
3.3 LUGAR DE ESTUDIO.....	30
3.4 MATERIALES Y EQUIPOS .....	30
3.4.1 <i>materiales de campo</i> .....	30
3.4.2 <i>materiales de laboratorio</i> .....	31
3.4.3 <i>equipos de laboratorio</i> .....	32
3.4.4 <i>equipos de procesamiento de datos</i> .....	32
3.5 METODOLOGÍA.....	33
3.5.1 <i>secuencia metodológica</i> .....	33
3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	37
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>38</b>
4.1 EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y PROPIEDADES DE LAS FIBRAS .....	38
4.1.1 <i>rendimiento de fibras</i> .....	38
4.1.2 <i>ensayos químicos</i> .....	40
4.1.3 <i>longitud</i> .....	41
4.1.4 <i>diámetro de fibras</i> .....	45

4.1.5	<i>tensión</i> .....	46
4.1.6	<i>inflamabilidad</i> .....	47
4.1.7	<i>absorción</i> .....	50
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>55</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>56</b>
<b>ANEXO 1</b>	.....	<b>62</b>
	CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE EN ESTUDIO .....	62
<b>ANEXO 2</b>	.....	<b>63</b>
	DIBUJOS DE LAS MUESTRAS BOTÁNICAS .....	63
<b>ANEXO 3</b>	.....	<b>65</b>
	MAPA DE BOLÍVAR .....	65
<b>ANEXO 4</b>	.....	<b>66</b>
	CLASIFICACIÓN DE LOS INDIVIDUOS DE COLECCIÓN SEGÚN LAS VARIABLES INDEPENDIENTES DEL ESTUDIO .....	66
<b>ANEXO 5</b>	.....	<b>67</b>
	DATOS ORIGINALES DEL ENSAYO DE RENDIMIENTO .....	67
	DATOS ORIGINALES DE PORCENTAJE DE HUMEDAD EN COPOS Y RENDIMIENTO EN COPO EN BASE SECA .....	69
<b>ANEXO 6</b>	.....	<b>70</b>
	DATOS ORIGINALES DE LONGITUD DE MECHA .....	70
<b>ANEXO 7</b>	.....	<b>72</b>
	DATOS ORIGINALES DE DIÁMETRO DE FIBRAS .....	72
<b>ANEXO 8</b>	.....	<b>91</b>
	DATOS ORIGINALES DEL ENSAYO DE TENSIÓN .....	91
<b>ANEXO 9</b>	.....	<b>92</b>
	RESULTADOS DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD .....	92
	COMPORTAMIENTO DETALLADO DE LOS ESPECÍMENES EN EL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD .....	92
<b>ANEXO 10</b>	.....	<b>98</b>
	DATOS ORIGINALES DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN .....	98
	CURVAS DE ABSORCIÓN .....	107
<b>ANEXO 11</b>	.....	<b>112</b>
	CUADRO RESUMEN DE RENDIMIENTO Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS .....	112
<b>ANEXO 12</b>	.....	<b>113</b>
	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS .....	113
	B. LONGITUD .....	115
	C. DIÁMETRO .....	117
	D. TENSIÓN .....	119
	E. INFLAMABILIDAD .....	120
	F. ABSORCIÓN .....	122
<b>ANEXO 13</b>	.....	<b>124</b>
	NORMA TÉCNICA EMPLEADA EN LA MEDICIÓN DEL DIÁMETRO DE LAS FIBRAS .....	124
<b>ANEXO 14</b>	.....	<b>130</b>
	NORMA TÉCNICA EMPLEADA EN EL ENSAYO DE ABSORCIÓN (VERSIÓN RESUMIDA) .....	130

<b>ANEXO 15</b> .....	<b>132</b>
NORMA TÉCNICA EMPLEADA EN LA DETERMINACIÓN DE EXTRACTIVOS .....	132
<b>ANEXO 16</b> .....	<b>133</b>
MÉTODO EMPLEADO EN LA DETERMINACIÓN DE CELULOSA .....	133
<b>ANEXO 17</b> .....	<b>135</b>
NORMA TÉCNICA EMPLEADA PARA DETERMINAR LA SOLUBILIDAD EN HIDRÓXIDO DE SODIO .....	135
<b>ANEXO 18</b> .....	<b>139</b>
EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL KAPOK SEGÚN INDIVIDUO DE COSECHA .....	139

## *Lista de cuadros*

	Página
<b>CUADRO 1</b> ABSORCIÓN DE AGUA EN DISTINTAS FIBRAS CELULÓSICAS .....	17
<b>CUADRO 2</b> CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES COMUNES EN CONSTRUCCIÓN A TEMPERATURAS ORDINARIAS .....	20
<b>CUADRO 3</b> DISEÑO EXPERIMENTAL DEL ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE LAS FIBRAS DE KAPOK EN FUNCIÓN A DOS VARIABLES .....	37
<b>CUADRO 4</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS DE LAS FIBRAS DE KAPOK DE <i>CEIBA TRICHISTANDRA</i> .....	40

## *Lista de figuras*

	Página
<b>FIGURA 1</b> IMAGEN MICROSCÓPICA DE FLUORESCENCIA DE FIBRAS DE KAPOK .....	9
<b>FIGURA 2</b> COMPARACIÓN DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA APARENTE DE NUEVE MATERIALES AISLANTES .....	21
<b>FIGURA 3</b> UBICACIÓN DEL DISTRITO DE BOLÍVAR, PROVINCIA DE SAN MIGUEL, CAJAMARCA .....	25
<b>FIGURA 4</b> CEIBOS EN ZONA PRÓXIMA AL FONDO DE QUEBRADA EN BOLÍVAR .....	26
<b>FIGURA 5</b> DISMINUCIÓN DE LA PRESENCIA DE CEIBOS (SEÑALADOS CON CÍRCULOS ROJOS) EN BOLÍVAR, A 1200 M.S.N.M. 27 .....	27
<b>FIGURA 7</b> FRUTO DE CEIBO ABIERTO AL SECARSE, MOSTRANDO EL COPO DE FIBRAS.....	29
<b>FIGURA 8</b> COPOS DE FIBRAS EN BUEN ESTADO, EN DISTINTAS FASES DE PÉRDIDA DE HUMEDAD; A MEDIDA QUE ESTO OCURRE, SE EXPANDEN.....	29
<b>FIGURA 9</b> COPOS DE FIBRAS DETERIORADOS: A) POR LA SECRECIÓN SAVIOSA DE LA CUBIERTA DE FRUTOS INMADUROS; B) POR HONGOS DIVERSOS .....	30
<b>FIGURA 12</b> VARIACIÓN DE LONGITUD DE MECHA EN FUNCIÓN DE ALTITUD Y DIÁMETRO.....	42
<b>FIGURA 13</b> LONGITUD DE MECHA PROMEDIO EN FUNCIÓN A CLASE DIAMÉTRICA .....	43
<b>FIGURA 14</b> LONGITUD DE MECHA PROMEDIO POR CLASE DIAMÉTRICA Y NIVEL ALTITUDINAL.....	44
<b>FIGURA 15</b> VARIACIÓN DE DIÁMETRO DE FIBRAS EN FUNCIÓN DE ALTITUD Y DIÁMETRO.....	45
<b>FIGURA 16</b> TENSIÓN DE RUPTURA DE FIBRAS INDIVIDUALES SEGÚN ALTITUD Y DIÁMETRO .....	46
<b>FIGURA 17</b> VARIACIÓN DE PUNTO DE DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA Y TEMPERATURA DE IGNICIÓN EN FUNCIÓN DE ALTITUD Y DIÁMETRO.....	48
<b>FIGURA 18</b> VARIACIÓN DE ABSORCIÓN EN FUNCIÓN DE ALTITUD Y DIÁMETRO .....	50
<b>FIGURA 19</b> CURVA DE ABSORCIÓN DEL ÁRBOL 2 DEL NIVEL ALTITUDINAL BAJO (2B) .....	52
<b>FIGURA 20</b> VARIACIÓN DE AGUA LIBRE EN FUNCIÓN DE ALTITUD Y DIÁMETRO.....	53

## 1. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento forestal en el bosque seco del norte del Perú, cuya regeneración natural se encuentra limitada por las condiciones climáticas y afectada por el pastoreo excesivo, debe orientarse preferentemente a los productos forestales no maderables, ya que las cosechas de éstos ocasionan impactos considerablemente menores sobre la masa boscosa. Precisamente la demanda de tales productos viene creciendo, gracias al interés cada vez mayor en materiales e insumos de origen natural. Esta demanda debe impulsar la investigación sobre la utilización y comercialización de nuevas especies y sus derivados.

Una especie típica del bosque seco del norte es el “ceibo” (nombre que denomina a varias especies del género *Ceiba*), de cuyos frutos se obtiene una fibra de aspecto lanoso llamada “kapok”. El kapok es uno de los productos no maderables con significación comercial a nivel mundial, dentro de la categoría “fibras e hilos” (FAO, 1995). Este producto es usado como relleno de almohadas, colchones, equipos de seguridad acuática, y como material de aislamiento. La principal fuente es la especie *Ceiba pentandra*, la cual se ha cultivado en el sureste asiático y en países de África y América tropical.

En el Perú no hay mucho conocimiento sobre la producción, la transformación y el movimiento comercial del kapok. Su participación en las cuentas nacionales es ínfima, a tal punto que no aparece en ellas, y no está claramente ubicado en la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (INEI, 2006). Del mismo modo, a nivel nacional no se han publicado o no existen investigaciones acerca de las propiedades de esta fibra, lo cual dificulta una mayor participación en el mercado; en este contexto se enmarca el presente estudio.

La presente investigación fue desarrollada en las proximidades del centro poblado de Bolívar, ubicado en la subcuenca del río Nanchoc, perteneciente a la cuenca alta del río Zaña, en el departamento de Cajamarca, a una altitud aproximada de 1000 m.s.n.m. En Bolívar se están realizando esfuerzos para aprovechar la “lana vegetal” producida por el ceibo a fin de incidir positivamente en la economía de las familias y en la conservación de los bosques del distrito. En este estudio se determinaron el rendimiento y las propiedades físico-mecánicas y químicas más importantes del kapok obtenido de *Ceiba trichistandra*, en función de clase diamétrica y

nivel altitudinal. Así, se espera que este conocimiento sobre las propiedades de las fibras del kapok contribuya con darle un mejor uso y mayor valor agregado.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESPECIE ESTUDIADA

#### 2.1.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino : Plantae

Phyllum : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Malvales

Familia : Bombacaceae

Género : Ceiba

Especie : *Ceiba trichistandra* (A. Gray) Bakh.

#### 2.1.2 NOMBRES COMUNES

Los nombres comunes de la especie son “ceibo” o “ceibo verde” (Otivo, 1998). En Bolívar se le llama “tunsho”. A los árboles del género también se les conoce como “algodón de Java”, “árbol de kapok” (kapok tree) o “árbol de algodón seda” (silk-cotton tree) (Columbia University Press, 2006). El nombre más extendido en América Latina es el de “ceiba” (CATIE, 2003).

#### 2.1.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Árbol caducifolio de 20 a 40 m de alto y 1 a 2 m de DAP. Presenta ramificación simpodial, un fuste abombado y raíces tablares. La corteza externa es color verde claro, la cual fotosintetiza durante la estación seca; se pueden observar abundantes agujijones cónicos en el tronco, principalmente cuando es juvenil. Hojas compuestas, alternas, digitadas, de 25 a 40 cm. de largo, con foliolos (5-9) oblongo-lanceolados de borde entero, 10 a 15 cm. de largo y 6 a 10 cm. de ancho, de nervadura principal blanquecina; estípulas caducas. Flores grandes de 8 a 12 cm., nacen en racimos laterales de hasta 12, raramente solitarias, con cáliz carnoso de color

rojo púrpura y aspecto aterciopelado, pétalos generalmente blancos que pueden variar a rosado. El fruto es una cápsula pentacarpelar de forma elipsoidal o elíptico-oblongo, de color café, colgante, de 10 a 16 cm. de largo por 5 a 8 cm. de ancho, las semillas presentan filamentos de color blanco que les permiten ser dispersadas principalmente por el viento (DarwinNet, 2005).

#### 2.1.4 DISTRIBUCIÓN

El género *Ceiba* es nativo de América tropical y subtropical (Soukup, 1974). *C. pentandra* crece de manera natural en las áreas húmedas y subhúmedas de América y África. Se creía que era nativa del sudeste de Asia, pero la evidencia genética sugiere que fue introducida allí desde África (Chinea-Rivera, 1990).

*C. trichistandra* es una especie endémica de la denominada “región tumbesina” (que comprende el occidente del Ecuador y el noroeste del Perú, con una superficie aproximada de 135 000 km<sup>2</sup>); se le encuentra en los bosques xerofíticos de la costa del Ecuador desde Manabí hasta Loja, pero al sur su distribución se extiende hacia el interior de los valles secos interandinos y en el noroeste del Perú en los departamentos de Tumbes y Piura (DarwinNet, 2005).

El ceibo se encuentra principalmente en las unidades definidas por el Mapa Forestal del Perú como bosque seco de montañas y bosque seco de colinas. El bosque seco de montañas se extiende como una amplia franja en los departamentos de La Libertad, Cajamarca, Lambayeque, Piura y Tumbes, mayormente sobre las laderas montañosas de la vertiente occidental andina. Se encuentra entre 500 y 1200 m.s.n.m. (INRENA, 1995).

*C. trichistandra* prefiere temperaturas que están alrededor de los 24° C, precipitaciones medias anuales de 250 a 800 mm. y altitudes de 300 a 1500 m.s.n.m. Según la clasificación de Holdridge se desarrollan en las zonas de vida: Monte Espinoso, Bosque Muy Seco y Bosque Seco Premontano. Crecen en suelos de textura moderadamente fina o fina con presencia de gravas (piedras chancadas) superficiales, en algunos casos; y en otros, sobre suelos desarrollados, profundos, de color pardo rojizo o amarillento con bajos niveles de materia orgánica y nitrógeno total (DarwinNet, 2005).

En la naturaleza, *C. trichistandra* se encuentra asociado con especies arbóreas de la misma familia como “pasallo” o “chirigua” (*Eriotheca ruizii*), “beldaco” (*Pseudobombax guayasense*), “pretino” o “pigío” (*Cavanillesia platanifolia*) y otros árboles comunes como “guayacán” (*Tabebuia chrysantha*), “hualtaco” (*Loxopterigium huasango*), “palo santo” (*Bursera graveolens*), “guarapo” o “castaño” (*Terminalia valverdae*), “porotillo” o “pepito colorado” (*Erythrina velutina*), “sapote de campo” (*Capparis scabrida*), “sota” (*Machura tinctoria*); también con arbustos como “papelillo” (*Bougainvillea peruviana*), “guapala” (*Simira ecuadorensis*), *Capparis crotonoides*, etc. Es típico en esta asociación la presencia de epífitas, como la “salvajina”, “salvaje” o “barba de viejo” (*Tillandsia sp.*), que se cuelgan de las ramas de los árboles, y la “achupalla” (*Vriesea espinosae*), que forma agrupaciones. La vegetación es caducifolia, principalmente para resistir el periodo de sequía que generalmente se presenta de Mayo a Diciembre (DarwinNet, 2005).

El área de distribución de *C. trichistandra* se encuentra presionada por la ampliación de la frontera agrícola. Otras amenazas que sufre la especie son daños mortales en los árboles durante la temporada de captura de loros que anidan en sus ramas; esto se produce también al realizarse la cosecha de miel (DarwinNet, 2005).

#### 2.1.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y USOS

*Ceiba pentandra* se cultiva en Asia para la obtención de fibra (Vásquez-Yanes *et al*, 1999) y de semillas. Los datos del comercio se refieren solamente a las fibras, machacadas, cardadas o peinadas para el hilado (FAO, 1994). Esta especie ha constituido un cultivo de importancia económica durante mucho tiempo en el sureste asiático, tanto para el pequeño productor como para las grandes plantaciones. Se da sobre todo en Java (Vásquez-Yanes *et al*, 1999), el resto de Indonesia y Malasia (CATIE, 2003), pero también en Filipinas, Sri Lanka y en África, donde fue introducido desde América tropical, región de la cual es nativo (Columbia University Press, 2006). En el continente americano existen plantaciones de tamaño económicamente significativo en Colombia, Venezuela, Ecuador, México (Yucatán) y en el Caribe. Por su parte, en África se encuentran en Costa de Marfil, Camerún y Gabón, países de la región tropical occidental (CATIE, 2003), aunque otras fuentes señalan como importantes productores a Nigeria, Mozambique y Tanzania (GDV, 2006), así como Kenia (Vásquez-Yanes *et al*, 1999).

La madera del ceibo, de baja densidad, se utiliza en Tumbes para preparar bebederos (Otivo, 1998). Puede ser empleada para fabricar acabados de interiores (como cielo raso), canoas, balsas, salvavidas, aeromodelos, flotadores, triplay, cajas de empaque (cajonería), lápices, madera rústica, fósforos, maquetas, implementos agrícolas, aisladores de sonido y vibraciones. También en artesanía en la elaboración de artículos torneados, instrumentos musicales, utensilios domésticos (vasijas) y juguetes (Vásquez-Yanes *et al*, 1999). Los contrafuertes han sido usados para mesas, puertas, platos y bandejas (Chinea-Rivera, 1990). Algunos autores consideran que se utiliza como leña y carbón (Vásquez-Yanes *et al*, 1999), y también para fabricar pulpa para papel. En cuanto a este último uso, en un estudio de las características de la fibra de la madera de 13 especies diferentes, el ceibo ocupó el primer lugar para la producción de papel de acuerdo a la longitud de fibra, su flexibilidad, su escaso grosor y la relación de Runkel. Se han obtenido unos rendimientos de pulpa del 33 al 37 % con un 95 % de alfa celulosa (Chinea-Rivera, 1990). De la corteza de los árboles jóvenes se extrae una fibra denominada pasalla que sirve para confeccionar sogas o cuerdas (DarwinNet, 2005); esta fibra de corteza es usada en la India para hacer papel (Chinea-Rivera, 1990).

Las semillas de *C. trichistandra* contienen 17 % de aceite (Otivo, 1998). Las provenientes de *C. pentandra*, a su vez, más de 25 % (hasta 40 %), el cual es usado para fabricar jabón y pinturas, y refinado para hacer aceite comestible, en especial margarinas (Olympus Microscopy Resource Center, 2006). Posee un alto contenido de estearina (Tamayo, 1939). El aceite también sirve como lubricante y para ser quemado en lámparas (Chinea-Rivera, 1990). Tiene uso potencial en la fabricación de papel secante. La semilla es comestible cocida o tostada. Además, en México, las hojas, flores y frutos tiernos suelen comerse cocidos (Vásquez-Yanes *et al*, 1999). En el Perú no hay registro de este uso.

Las hojas tiernas, los botones florales y las semillas del ceibo son utilizados como forraje para ganado vacuno, caprino y ovino (Otivo, 1998). Sus hojas contienen 24 % de proteína cuando son tiernas y 14 % cuando son maduras (Chinea-Rivera, 1990). La pasta residual que queda después de extraer el aceite a las semillas, se utiliza también como alimento para el ganado; es muy semejante a la lanolina, pero inferior a la pasta de algodón (Vásquez-Yanes *et al*, 1999). Así como los residuos de las semillas, los restos de las cápsulas son usados como fertilizante y alimento para ganado (Olympus Microscopy Resource Center, 2006). Las flores del ceibo son

altamente melíferas (DarwinNet, 2005), y sus semillas constituyen una importante fuente de alimentación para la fauna silvestre (Otivo, 1998).

En México se les da usos medicinales a las distintas partes de *C. pentandra*. La corteza es empleada en tratamiento de heridas, hidropesía, eczemas, reumatismo, como antiespasmódico, emético y diurético. El exudado del fuste cura enfermedades intestinales. El tallo tiene propiedades antiinflamatorias y la flor cocida se toma como emoliente (Vásquez-Yanes *et al*, 1999). No se ha encontrado información acerca de usos medicinales de la especie en estudio.

La “lana” del ceibo, usualmente llamada kapok, es el producto más importante derivado de *C. pentandra* (Chinea-Rivera, 1990). Ha tenido importancia comercial desde la última década del siglo XIX (Columbia University Press, 2006).

En 1970, la exportación total de kapok en Asia representaba un promedio de aproximadamente 25 000 toneladas. La principal fuente la constituye Indonesia con una exportación media de 20 000 toneladas (Vásquez-Yanes *et al*, 1999). Junto a Indonesia, Tailandia es el otro proveedor del mercado mundial. Japón, China, la Unión Europea y E.E.U.U. son los mayores mercados. Durante 1992 el valor total del comercio mundial estuvo en el orden de los US\$ 11 millones, de los cuales alrededor del 66 % fueron aportados por Tailandia y el 16 % por Indonesia (FAO, 1995). Sin embargo, el mercado del kapok ha declinado considerablemente en los últimos 30 años, debido al desarrollo en materiales sintéticos que casi lo han reemplazado en la mayoría de sus usos finales tradicionales (Bisanda y Mwaikambo, 1997). A nivel de los países andinos, la subpartida referida al kapok fue suprimida a causa del bajo volumen de comercio (Comunidad Andina, 2001).

Las fibras representan el 21,1 % del peso seco del fruto de *C. pentandra*. La primera cosecha de kapok ocurre durante el tercer año y la producción alcanza un máximo en el noveno o décimo año, hasta 600 frutos o aproximadamente 2,7 kg por árbol. Los árboles continúan produciendo fibra hasta una edad de 50 años o más (Chinea-Rivera 1990). La producción puede continuar después de los 60 años siempre y cuando esté bien cultivado. Casi todos los años produce buenas cosechas. Un árbol grande puede llegar a producir 600 a 1500 e incluso 2000 frutos/año y 4,5 a 6 (9 como máximo) kg de fibra por 1000 frutos. En la India comienza a producir a los 3 ó 4 años y la primera cosecha buena se obtiene a los 7 u 8 años, variando de

1000 a 1200 frutos por árbol, dependiendo del grado de manejo (Vásquez-Yanes *et al*, 1999). Las plantaciones establecidas en Indonesia para producción rinden un promedio de 2 a 4 toneladas/ha/año (Lamprecht, 1990, citado por Reynel *et al*, 2003). Aunque esta especie crece de manera natural a unas elevaciones de hasta 1220 m.s.n.m., su productividad es óptima hasta aproximadamente unos 460 m.s.n.m. (Chinea-Rivera, 1990).

*C. trichistandra* produce una sola vez al año. La producción promedio de un árbol en la provincia de Zarumilla (Tumbes) es de 188 cápsulas, que equivalen a 9,42 kg de kapok; de este peso, 3,77 kg corresponden a fibra seleccionada y 5,65 kg a impurezas, constituidas mayormente por semillas (Otivo, 1998).

En el distrito de Bolívar, ubicado en el departamento de Cajamarca, se viene utilizando la “lana” de ceibo para la fabricación de tejidos artesanales tales como bufandas, carteras, chales, ponchos, gorros, y para ser usado como relleno de colchones y peluches. La arroba de fibra en bruto es vendida a S/.10.00, S/. 0.87 el precio por kilogramo. Luego del escarmenado o limpiado se puede obtener de 6 a 8 libras de hilo; el costo por hilar una libra es de S/. 20.00. La cantidad estimada que se comercializa al año es de 400 a 500 arrobas de fibra (FUNDENOR, 2005). En el Perú es poca la demanda de kapok debido a la falta de promoción, difusión y mercado (Otivo, 1998).

## **2.2 FIBRA VEGETAL DE CEIBO O KAPOK**

Este producto se conoce bajo la denominación javanesa de kapok (Tamayo, 1939), palabra que se ha extendido al castellano, inglés, francés y alemán. Las fuentes reconocidas en el comercio internacional son las especies *Ceiba pentandra* y *Ceiba occidentalis* (GDV, 2006). Una fibra similar a la de *C. pentandra* se encuentra en el árbol indio *Bombax malabarica*, y se le denomina entre otros apelativos como kapok indio, siendo de un color más oscuro y con menor capacidad de flotación que la de *C. pentandra* (Columbia University Press, 2006).

La fibra es en realidad un pequeño tubo de celulosa con aire sellado adentro, y revestido de cera (Olympus Microscopy Resource Center, 2006); ver Figura 1. Además de celulosa (35 % de la fibra seca), está compuesta también de xilanos (22 %) y lignina (21,5 %). La fibra de kapok está caracterizada por tener un alto contenido de grupos acetilos (13 %), cuando las

paredes celulares de las plantas contienen generalmente de 1 a 2 % de estos grupos unidos a los polisacáridos no celulósicos (Hori *et al*, 2000).



**Figura 1** Imagen microscópica de fluorescencia de fibras de kapok  
*Fuente: Olympus Microscopy Resource Center, 2006*

La longitud de la fibra varía entre los 10 y 35 mm (GDV, 2006). Debido a su lignificación, es demasiado quebradiza e inflexible para ser tejida. En cambio, es ideal para relleno de salvavidas y otros equipos de seguridad acuática, gracias a su excelente flotabilidad. Puede soportar 30 veces su propio peso en el agua y pierde únicamente 10 % de flotabilidad en un período de 30 días. (Olympus Microscopy Resource Center, 2006). De 200 a 300 gramos son suficientes para mantener a flote a una persona (China-Rivera, 1990). Tiene un poder de flotación 5 veces mayor que el corcho y es 8 veces más ligera que el algodón (Vásquez-Yanes *et al*, 1999). Algunas fuentes la consideran la fibra natural más liviana del mundo (Meyer-Hosen Ag, 2007).

Considerando su carácter hidrofóbico, el kapok ha sido ensayado como absorbente de sustancias oleosas. Se comprobó que la fibra absorbe selectivamente cantidades significativas de aceite (40 g/g de kapok) de suspensiones en agua dulce y en agua salada. Esto ha sugerido que la fibra podría ser utilizada para recuperar petróleo derramado en el mar (Hori *et al*, 2000).

El kapok es un popular relleno para almohadas, colchones, tapicería, bolsas de dormir, peluches, edredones y casacas debido a que es resiliente, ligero, no tóxico, inodoro y antialérgico (Olympus Microscopy Resource Center, 2006). Esta última cualidad se debe a que contiene una sustancia amarga antibacterial y antimicrobiana (Meyer-Hosen Ag, 2007). Recientemente, sin embargo, la espuma de goma (o caucho), plástico y fibras sintéticas han empezado a reemplazarlo (Olympus Microscopy Resource Center, 2006). Se utiliza en la industria como aislante térmico y acústico en cámaras frigoríficas y aviones (Vásquez-Yanes *et al*, 1999).

Su alto contenido de celulosa y de oxígeno hace al kapok particularmente propenso a incendiarse producto de una ignición externa. El kapok se inflama incluso más fácilmente que el algodón. Una combustión espontánea puede ocurrir como resultado de la exposición a la humedad, grasas o aceites animales y vegetales, lana cruda, etc. El kapok generalmente se quema lentamente y sin presencia de llama (GDV, 2006).

Los intentos de usar el kapok para producir hilos textiles no han sido exitosos debido a la naturaleza resbaladiza de las fibras y por ser quebradizas. Sin embargo, una mezcla de kapok y algodón fue exitosamente hilada, en una proporción kapok/algodón de 3:2. El hilo producido exhibió propiedades mecánicas similares a la mayoría de fibras cortas de uso corriente. El tejido producido fue lustroso, liso y suave (Bisanda y Mwaikambo, 1997). En comparación con una tela hecha completamente de algodón, el peso de telas fabricadas combinando el kapok es aproximadamente 10 % más liviano, teniendo el mismo volumen (Meyer-Hosen Ag, 2007).

## **2.3 PROPIEDADES DE FIBRAS**

Las propiedades de las fibras están determinadas por su estructura externa, la composición química y la estructura interna (Hollen *et al*, 1979).

### **2.3.1 RESISTENCIA**

Se denomina tensión mecánica al valor de la distribución de fuerzas por unidad de área en el entorno de un punto material dentro de un cuerpo o medio continuo. Si se considera un cuerpo sometido a tensión y se imagina un corte mediante un plano que lo divida en dos, sobre cada punto del plano de corte se puede definir un vector tensión que depende del estado tensional

interno del cuerpo, de las coordenadas del punto escogido y del vector unitario normal al plano. En ese caso el vector tensión y el vector unitario normal están relacionados por una aplicación lineal o campo tensorial llamado tensor tensión. La tensión capaz de producir la destrucción o desintegración del cuerpo se denomina tensión de rotura (Delgado Viera, 2005).

La resistencia de las fibras es definida como la capacidad para resistir tensión (Hollen *et al*, 1979); también como el promedio de la fuerza de tracción por unidad de sección a realizar a fin de alcanzar la rotura (Elvira y Jacob, 2004). Es expresada como fuerza tensora (lb-f / pulg<sup>2</sup> o psi) o como tenacidad (g / denier). La resistencia intrínseca de las fibras se debe a las características de la estructura molecular como orientación, cristalinidad<sup>1</sup> y grado de polimerización (Hollen *et al*, 1979). La cristalinidad alta de la celulosa está asociada con resistencias mayores (Cotton Incorporated, 2007). La resistencia de las fibras tiene influencia sobre la durabilidad, resistencia al rasgado y otras propiedades de los tejidos (Hollen *et al*, 1979).

La resistencia a la tracción de las fibras de algodón varía entre 303 y 751,56 N / mm<sup>2</sup> (44 000 – 109 000 lb-f / pulg<sup>2</sup>) (Cotton Incorporated, 2007). Se considera como fibras débiles a aquellas que resisten una fuerza igual o menor a 448,18 N / mm<sup>2</sup> (65 000 lb-f / pulg<sup>2</sup>). La resistencia del algodón depende de la flexibilidad y resistencia de la fibra con que ha sido hilada la hilaza. Colocando las mordazas tensoras en cero y en 1/8 de pulgada, la cifra de resistencia a la tracción de la fibra obtenida en la última posición tiene una relación más alta con la fuerza de la hilaza que la cifra de resistencia a la tracción de la primera posición. La oportunidad de que tenga lugar una elongación diferencial de la muestra en el segmento libre de las mordazas abiertas, antes de que ocurra la rotura, elimina la elasticidad que no se ha tomado en cuenta cuando las mordazas contiguas están en cero (Bates y Osborn, 1961).

Cuando una proyección de rayos X pasa a través de un manojo de filamentos de algodón, los cristales de celulosa en las fibrillas actúan como diminutos espejos que reflejan el esquema u orden de orientación de la estructura. El ángulo de la espiral de las fibrillas puede entonces determinarse en la radiografía. La medición tanto del ángulo de la espiral como de la

---

<sup>1</sup> La cristalinidad indica que las moléculas de la fibra están más empaçadas y paralelas entre sí (Cotton Incorporated, 2007).

resistencia a la tracción de muchos algodones ha demostrado que cuanto menor sea el ángulo mayor será la fuerza tensora de la fibra (Bates y Osborn, 1961).

Actualmente se aplican importantes penalizaciones a la lana de origen animal por problemas de baja resistencia de mecha; en términos de fijación de precios, esta característica resulta más importante que la longitud de mecha. En caso de lanas con algún grado de debilidad, el porcentaje de quiebres medios incidirá en la longitud final de la lana peinada. Existe un largo de fibra mínimo por debajo del cual las lanas no pueden procesarse como para dar productos finales de más calidad y precio. Este límite varía según el tipo de maquinaria utilizada y la modalidad de trabajo. Sin embargo, los avances tecnológicos en la industria hacen que se pueda trabajar con fibras cada vez más cortas para obtener el mismo producto (Polanco, 2005).

### 2.3.2 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

El calor puede transferirse por conducción, por convección o por radiación, o por una combinación de los tres modos. Conducción es la transmisión de energía calorífica, de molécula a molécula, a través de un material (ya sea sólido, líquido o gaseoso), cuando existe contacto físico entre las partículas y cierta diferencia de temperatura. Convección es la transmisión de calor debida al movimiento de un gas (como el aire) o un líquido calentado de un lugar a otro, llevando consigo el calor que contiene. Por último, radiación es cuando la energía calorífica se transmite en forma de ondas electromagnéticas (como la luz, radiación infrarroja u otras); esta energía emana de un cuerpo caliente y sólo puede transmitirse libremente a través de medios completamente transparentes (Shawyer y Medina Pizzali, 2005).

La conductividad térmica es una medida de la capacidad de un material para conducir el calor a través de su masa. Ésta varía grandemente, dependiendo de la naturaleza química del material y de su estructura o textura. (Stamm, 1964). Por ello, cada material, ya sea aislante o de otro tipo, tiene un valor de conductividad térmica específico que permite determinar su eficacia como aislante del calor. Puede definirse como la cantidad de calor ("Q") o energía (expresada en kcal, Btu o J) que puede conducirse por unidad de tiempo a través de la unidad de superficie de un material de espesor unitario, cuando la diferencia de temperatura entre ambos extremos del cuerpo conductor es la unidad. La conductividad térmica puede expresarse en  $\text{kcal}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ , en  $\text{Btu}\cdot\text{ft}^{-1}\cdot^{\circ}\text{F}^{-1}$  y, en el SI, en vatios  $(\text{W})\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$  o  $(\text{W})\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . La conductividad térmica se conoce también como «k» (Shawyer y Medina Pizzali, 2005).

### 2.3.3 INFLAMABILIDAD

Cuando la temperatura de un material celulósico seco se eleva por encima de las temperaturas normales, tiene lugar una reacción de descomposición exotérmica muy lenta, en la cual algo de agua de constitución y pequeñas cantidades de dióxido de carbono y monóxido de carbono, así como materiales extraños volátiles, son perdidos aún cuando el calor es conducido en ausencia de aire. Esta reacción es tan lenta a las temperaturas de calentamiento más bajas que cualquier cantidad de calor generado internamente se disipa en cuanto es liberada por la reacción. Cuando la temperatura sube, la velocidad de reacción aumenta rápidamente. La temperatura en la cual la madera recién excede la del medio en el cual se encuentra, es conocida como temperatura de reacción exotérmica (Stamm, 1964).

En décadas pasadas, se hicieron numerosos intentos para medir una temperatura de ignición definida para la madera, con poco éxito. Esto se debió al hecho de que existen una serie de factores que actúan, como el tamaño y forma del espécimen evaluado, la naturaleza de la circulación del aire, el método y la velocidad del calentamiento, control de la radiación y variaciones en el punto dentro del material al cual la temperatura es medida. A pesar de esto se dio por hecho que la verdadera temperatura de ignición de madera seca es siempre la temperatura de reacción exotérmica (Stamm, 1964).

El punto de descomposición térmica es evaluado con la finalidad de determinar la temperatura de resistencia al fuego, desde el inicio de la combustión. El calor se propaga a través de un cuerpo sólido de molécula a molécula., generando energía como producto de los choques entre las moléculas animadas, y como consiguiente las moléculas que están directamente en contacto con un cuerpo de temperatura más alta “A” se calientan y tienden a desplazarse por gravedad, generando la emisión de gases. Esta propiedad se determina directamente. El punto de combustión también es entendido por el inicio de la descomposición de los polímeros que componen la madera (carbohidratos y lignina) por acción del calor (Maluquer 2002, citado por Quintana 2002).

La prueba del punto de ignición se realiza para determinar la temperatura del punto de propagación de la llama e inflamabilidad del material celulósico. A temperaturas elevadas (288° C) la madera se vuelve exotérmica y se descompone. Las llamas se originan en reacciones exotérmicas de combustión y están constituidas por mezclas de gases

incandescentes. Son las fuentes más comunes de calor intenso. En general, la reacción de combustión se transmite a una región de la masa gaseosa a partir de un punto de ignición; al proseguir la propagación, la mezcla reaccionante va diluyéndose, la reacción cesa gradualmente y la llama queda limitada a una zona del espacio, el material se pone rojo incandescente (Maluquer 2002, citado por Quintana 2002).

Para que se produzca un incendio, es necesaria la presencia de cuatro factores. El primero es el combustible, que, si es un sólido o líquido, ha de transformarse primero en un gas para que pueda arder. El segundo factor es el calor, que suministra la temperatura necesaria para volatilizar al combustible; el tercer factor es el oxígeno, y el último es una fuente de ignición, es decir cualquier instrumento que desencadene el fuego. Algunos materiales contienen en sí mismos suficiente oxígeno como para apoyar la combustión (Martínez Ferreira, 2007).

No todos los incendios se desarrollan de la misma forma, aunque todos pueden pasar por cuatro etapas de desarrollo, si no se interrumpe a tiempo:

- Etapa incipiente: Se caracteriza porque no hay llamas, hay poco humo, la temperatura es baja; se genera gran cantidad de partículas de combustión. Estas partículas son invisibles y se comportan como gases. Esta etapa puede durar días, semanas o años.
- Etapa latente: Aún no hay llama o calor significativo. Comienza a aumentar la cantidad de partículas hasta hacerse visibles; ahora las partículas se llaman humo. La duración de esta etapa también es variable.
- Etapa de llama: Según se desarrolla el incendio, se alcanza el punto de ignición y comienzan las llamas. Baja la cantidad de humo y aumenta el calor. Su duración puede variar, pero generalmente se desarrolla la cuarta etapa en cuestión de segundos.
- Etapa de calor: En esta etapa se genera gran cantidad de calor, llamas, humo y gases tóxicos (Martínez Ferreira, 2007).

Cuando un gas en combustión se combina con la adecuada cantidad de oxígeno, la llama se hace más caliente y menos luminosa. Esta pérdida de luminosidad se debe a la completa combustión del material combustible. Por estas razones, la llama es considerada como producto

de la reacción. El calor, el humo y el gas sin embargo, pueden generar cierto tipo de incendios latentes sin la evidencia de llama (Martínez Ferreira, 2007).

La combustión latente<sup>2</sup> es una reacción exotérmica sin llama que se propaga en combustibles porosos. Esta reacción exotérmica puede durar largos períodos de tiempo, propagándose lentamente y produciendo gases, hasta finalmente acabar en una combustión por llama. Multitud de materiales son capaces de albergar esta reacción, algunos de uso común, como objetos tapizados, muebles, colchones, material celulósico, espumas poliméricas, tabaco o algodón (Rein *et al*, 2002).

La propagación de este proceso de combustión puede describirse como un frente de onda caliente que se mueve a través del combustible poroso. La propagación se basa en un equilibrio entre la energía neta liberada en las reacciones químicas, la energía necesaria para elevar la temperatura del material y las pérdidas energéticas por transmisión de calor. Varios de los productos gaseosos son susceptibles de posterior oxidación con lo que facilitan la transición a la combustión con llama (Rein *et al*, 2002).

Se identifican cinco fenómenos físicos involucrados en el balance energético y en el desarrollo del proceso con combustible polimérico. Se dan tres fuentes de calor:

- Oxidación del combustible: todo polímero es susceptible de combinarse con oxígeno y desprender calor a temperatura elevada. Produce restos poliméricos carbonizados y es la fuente de calor más importante.
- Oxidación de los restos carbonizados: esta reacción puede llegar a ser fuertemente exotérmica y en ocasiones resulta dominante. Compite con la oxidación del combustible por el oxígeno y produce cenizas.
- Oxidación del gas: esta reacción es dominante en combustión con llama y por eso no tiene una influencia importante en combustión latente, si bien juega un papel esencial en la transición a combustión con llama.

---

<sup>2</sup> El anglicismo “smoldering” no tiene una traducción definida a la lengua castellana. En inglés su significado hace referencia al proceso por el que un material incandescente se quema lentamente sin que se vean llamas y que desprende abundante humo. Aunque no hay un término comúnmente aceptado, es apropiado llamarla “combustión latente” (Rein *et al*, 2002).

Por otro lado, se presentan dos sumideros de calor:

- Pirolisis del combustible: reacción que a temperaturas superiores a 180° C provoca la descomposición térmica del polímero en compuestos más pequeños. Compite con la oxidación por el combustible virgen y produce restos carbonizados.
- Evaporación del agua: en materiales porosos una parte importante de su peso puede ser agua y es además producto de las reacciones de oxidación. El paso del agua de la fase condensada a vapor y viceversa afecta a la propagación de diversas maneras (Rein *et al*, 2002).

La ignición se produce cuando una fuente de calor está en contacto con el combustible y es capaz de elevar la temperatura de éste suficientemente. A partir de este punto pueden darse diferentes casos:

- 1) El oxígeno llega hasta la superficie caliente, se inicia la oxidación del sólido que es exotérmica y vuelve a repetirse el proceso (combustión latente).
- 2) Antes de la oxidación del sólido se inicia la degradación endotérmica de éste (pirolisis).

Pueden darse otros tres casos:

- a) El combustible permanece en estado sólido y le sigue la reacción de oxidación propagando el frente (pirolisis seguida de combustión latente).
- b) El combustible permanece en estado sólido pero la pirolisis capta la mayor parte de la energía liberada y no permite que se mantenga la oxidación, lo que lleva a la extinción del proceso (pirolisis seguida de extinción).
- c) El combustible se vaporiza y se inicia la oxidación de la fase gaseosa, que es una reacción fuertemente exotérmica y puede llevar a la transición a un proceso con llamas (pirolisis seguida de combustión con llama) (Rein *et al*, 2002).

El desarrollo subsiguiente de la reacción (combustión latente, con llama o extinción) se determina por el balance local de energía y masa. La oxidación del combustible en un proceso de combustión latente no es completa, ya que el combustible carbonizado residual corresponde a más del 90 % de la masa del combustible original y los productos de la combustión son

principalmente monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados. La energía neta liberada es baja y esto condiciona la velocidad de propagación y la temperatura máxima alcanzada. La temperatura es menor que en un proceso de llama, donde la oxidación es más completa. El rango de temperaturas de una combustión latente está entre 250° y 550° C, mientras que la temperatura máxima de un proceso con llama típicamente está alrededor de 1600° C. La velocidad de propagación es también baja; un colchón de tres metros de largo puede tardar en quemarse hasta cuatro horas, a 0,03 cm.s<sup>-1</sup> de media (Rein *et al*, 2002).

#### 2.3.4 ABSORCIÓN

La capacidad de absorción de agua de las fibras se debe a las áreas amorfas en su estructura interna y a la presencia de grupos hidroxilos. Cuando una fibra textil se sumerge en el agua tiene tendencia a “hincharse” más o menos, según los grupos hidrofílicos de la molécula. Los rayos X demuestran que los espacios de las cadenas cristalinas en las fibras no muestran variación cuando ésta se encuentra en estado seco o húmedo y que, por consiguiente, es necesario buscar la razón del “hinchamiento” de la fibra en la sustancia amorfa (Pérez López, 2001).

Los grupos hidroxilos, que son químicamente reactivos, sirven como los sitios principales de absorción para las moléculas de agua. El agua sorbida directamente es quimiosorbida firmemente en los grupos hidroxilos celulósicos mediante los enlaces de hidrógeno (Cotton Incorporated, 2007).

En el Cuadro 1 se muestra la capacidad de absorción de algunas fibras celulósicas, aunque no se conoce el método utilizado para determinar tales valores.

**Cuadro 1** Absorción de agua en distintas fibras celulósicas

<b>Fibra</b>	<b>Gramos de agua / 100 g de fibra</b>
Rayón viscosa	95
Algodón americano mercerizado sin tens	56
Algodón americano mercerizado con tens	46
Lino	46
Algodón americano	42
Ramio	42

*Fuente: Pérez López, 2001*

## 2.4 FIBRAS VEGETALES USADAS EN TEXTILES Y AISLAMIENTO

### 2.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS TEXTILES

Las fibras textiles deberán poseer características microscópicas deseables como las siguientes:

- Los filamentos de fibra tendrán cierta cantidad de superficie friccional para un buen torcido durante el hilado.
- Los filamentos de la fibra serán de entidad individual; representará una sola célula para su hilado en una máquina más fina.
- La fibra deberá tener un alto contenido de celulosa, libre de lignina.
- Poco espesor de las paredes celulares, diámetro menor con menos irregularidades en la superficie, tasa longitud-ancho de la célula de 2000 a 3000 preferiblemente (Maiti Maiti, 1995).

La resistencia, la fineza, la estructura de la superficie, la rigidez, la elasticidad, el color y el lustre, son los parámetros principales de la calidad de las fibras, pero los factores que los controlan no siempre se asocian. Desde el punto de vista químico, se ha establecido que las fibras de buena calidad están asociadas con un alto contenido de celulosa. La mayoría de las fibras bastas y de hojas son inapropiadas para usos textiles, por su alto contenido de compuestos diferentes a la celulosa como lignina, pectina, etc. (Maiti Maiti, 1995).

El algodón seda (*Ceiba pentandra*), aunque de pura celulosa en el nombre, no puede ser hilable ya que su superficie lisa ocasionará que estas fibras carezcan de capacidad de torcido durante el hilado (Maiti Maiti, 1995). En cambio, la tendencia de la fibra del algodón a adherirse una a otra como resultado de las convoluciones<sup>3</sup>, curvas y otras irregularidades, aumenta la fricción superficial comúnmente conocida como resistencia. La elasticidad y la fluidez plástica son otras dos características que pueden tener una parte importante en la calidad de hilatura de la fibra. Una fibra dura, natural o sintética, no podrá hilarse fácilmente. Por otro

---

<sup>3</sup> “Convoluciones” o “circunvoluciones” son los lugares donde los filamentos de la fibra de algodón se retuercen, producto del secado de los lúmenes cuando la cápsula del algodón se abre (Bates y Osborn, 1961).

lado, una fibra elástica se doblará bajo presión y se desdoblará rápidamente al cesar la presión (Bates y Osborn, 1961).

Las relaciones de las propiedades de la fibra con la resistencia de la hilaza no son fijas, sino que varían con el tamaño de la hilaza, su construcción, procedimientos textiles, etc. (Bates y Osborn, 1961).

Los avances tecnológicos producidos sobre la maquinaria textil y la gran competencia entre fibras puras y sus mezclas, hacen que día a día los requisitos sobre las materias primas textiles y su caracterización sean cada vez más exigentes (Elvira y Jacob, 2004). Por consiguiente, hay una necesidad urgente para el mejoramiento de la calidad de las fibras vegetales para competir con las sintéticas en usos textiles (Maiti Maiti, 1995).

#### 2.4.2 MATERIALES FIBROSOS AISLANTES EN CONSTRUCCIÓN Y RELLENO

Las materias vegetales del tipo utilizado principalmente como relleno o guarnición, estén o no acondicionadas en capas, con material de apoyo o sin él, son: el kapok no preparado para usos textiles, la crin vegetal, la crin marina, la fibra argelina, el “foin frisé”, “plumones vegetales” o “sedas vegetales”, y fibras de leguminosas (United Nations Statistics Division, 1986).

Los productos llamados crin vegetal, en particular la crin llamada de “África” o de “Argelia”, están constituidos por fibras extraídas de las hojas de ciertas variedades de palmeras enanas, principalmente *Chamaerops humilis* o “palmito”. La crin marina, por su parte, procede de diversas plantas marinas (por ejemplo, *Zostera marina*). El producto que suele denominarse “heno rizado” (*foin frisé*) procede, a su vez, de las hojas de ciertas cañas del género *Carex*. Por último, a los pelos unicelulares de las semillas de diversas especies de plantas tropicales, tales como las del género *Asclepia*, son también llamados plumones vegetales o sedas vegetales. Todas estas materias vegetales se encuentran agrupadas en las clasificaciones comerciales, puesto que su finalidad principal es el relleno (o guarnecido interior) de objetos tales como muebles, cojines, colchones, almohadas, artículos de talabartería o guarnicionería, y salvavidas (SIICEX-CAAAREM, 2005). No se encontraron datos adicionales acerca de las propiedades de estos materiales, salvo del valor de conductividad térmica de la *Zostera marina*. Ésta, cuando se encuentra entre papel resistente y sin comprimir, a una densidad de 73,6 kg/m<sup>3</sup>, es de

0,036 W/m.K; cuando se encuentra en arpillera (sin comprimir), a una densidad de 215 kg/m<sup>3</sup>, es de 0,049 W/m.K (Shawyer y Medina Pizzali, 2005).

En cuanto al uso de materiales fibrosos como aislante en construcción, en el Cuadro 2 se observan los valores de conductividad térmica de algunos de ellos.

**Cuadro 2** Conductividad térmica de materiales comunes en construcción a temperaturas ordinarias

<b>Material</b>	<b>Conductividad térmica (W/m.K)</b>
Madera, paralela al grano (DB 0,35-0,70)	0,231 – 0,418
Madera, a través del grano (DB 0,35 – 0,70)	0,094 – 0,166
Tableros aislantes de madera y fibras de residuos agrícolas (DB 0,15 – 0,30)	0,039 – 0,046
Mantas aislantes de fibra de madera, entre hojas de papel	0,036 – 0,039
Mantas aislantes de fibra de algodón, entre hojas de papel	0,036
Mantas aislantes de fibra de kapok, entre hojas de papel	0,035

*Fuente: Stamm, 1964*

La conductividad térmica de la madera seca al horno es 2,25 a 2,75 veces mayor en la dirección de las fibras que en sentido transversal. Las variaciones entre la dirección radial y la tangencial son prácticamente insignificantes. Es evidente que la baja conductividad térmica de la madera se debe en gran medida al hecho de que una parte significativa de la conductividad se da a través de los espacios de aire tan pequeños que no pueden establecerse corrientes de convección. Cuando la madera contiene humedad, la conductividad térmica se incrementa debido a la importante conductividad del agua. La madera es un excelente aislante térmico comparado con la mayoría de materiales estructurales a causa de la baja conductividad natural de las sustancias que la componen y sus valores aún más bajos, resultantes de su estructura porosa (Stamm, 1964).

El comportamiento aislante del kapok varía de acuerdo a la diferencia de densidad, tal como se muestra a continuación en la Figura 2. Se observa que sigue la característica forma de jota asociada a materiales aislantes fibrosos de baja densidad (Manohar *et al*, 2006).

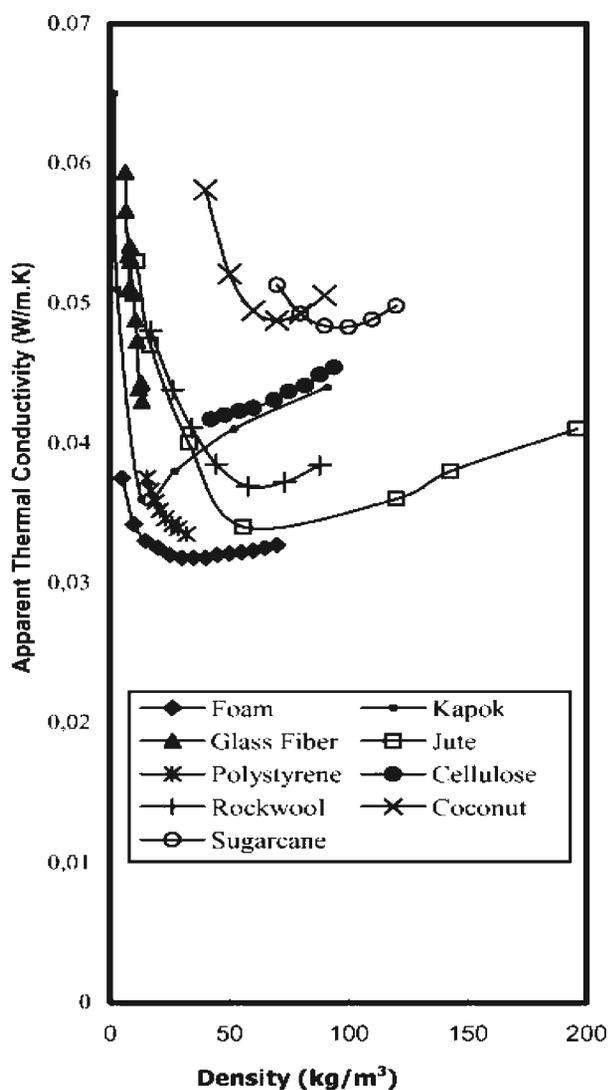


Figura 2 Comparación de conductividad térmica aparente de nueve materiales aislantes  
Fuente: Manohar et al, 2006

## 2.5 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO

No se conocen investigaciones que hagan referencia a la influencia de las variables seleccionadas sobre las características del kapok. Sin embargo, el algodón, por ser la fibra vegetal de mayor importancia económica a nivel mundial, ha sido ampliamente estudiado. Debido a que su origen y el del kapok son similares, a continuación se exponen algunos aspectos que ejercen influencia sobre las cualidades de la fibra de algodón.

La longitud de la fibra de algodón, bajo cualesquiera condiciones dadas, es principalmente una característica de la variedad o de la especie. En las variedades de fibra corta el periodo de crecimiento es, por regla general, más breve que en las de fibra larga. También el período de crecimiento es menor en las variedades que tienen un hábito temprano de fructificación y maduración. Las variedades de estación larga o crecimiento tardío tienen una tendencia a necesitar más tiempo en todas las fases de crecimiento. Las plantas que tienen naturalmente una alta longitud de fibra tienden a reproducirla en su descendencia. Sin embargo, cuando las condiciones de crecimiento varían en forma pronunciada, los efectos del medio se manifiestan en una longitud diferente de fibra (Bates y Osborn, 1961).

Las motas de algodón, que son semillas atrofiadas o inmaduras, varían en tamaño, desde las pequeñas con poca o ninguna fibra hasta otras ligeramente menores al tamaño normal, conteniendo fibra larga sin madurar. El hecho de que ocasionalmente una semilla en la cápsula no se desarrolle y madure, es más frecuente en algunos tipos de algodoneiros que en otros. El medio parece ser también un factor (Bates y Osborn, 1961).

La composición y las reacciones químicas y físicas de las estructuras minúsculas de la pared del filamento de la fibra, especialmente en sus capas secundarias, tienen una influencia importante sobre las propiedades y respuestas de la fibra de algodón (Bates y Osborn, 1961).

En cuanto a la variabilidad de la fibra, a pesar de que la uniformidad puede mejorarse con cuidados fitotécnicos, llega únicamente hasta cierto punto, sin exceder las tendencias hereditarias a variar o las fluctuaciones comunes causadas por el medio (Bates y Osborn, 1961).

## **2.6 ÁREA DE ESTUDIO**

### **2.6.1 CLIMA Y ECOLOGÍA**

El distrito de Bolívar cuenta con los siguientes tipos de clima:

- Cálido y seco, con temperatura media anual entre 23° y 24° C. Las precipitaciones se dan entre los meses de Noviembre y Mayo, muy variables y excepcionalmente altas durante la

presencia del evento El Niño. Lo normal son lluvias de 500 mm. anuales. Las neblinas matutinas y vespertinas representan importante fuente de agua para la vegetación.

- Templado subhúmedo, se da entre los 1000 y 3100 m.s.n.m. Está caracterizado por temperaturas cálidas en las partes bajas, hasta los 2500 m.s.n.m. (temperatura promedio alrededor de los 22° C, precipitaciones por encima de los 2000 mm anuales) y frías por encima de esta cota (FUNDENOR, 2005).

La zona de vida correspondiente, de acuerdo al sistema de Holdridge, es monte espinoso premontano tropical. Los suelos en ella son de profundidad variable, de naturaleza calcárea, dominados por procesos de calcificación y de bajo contenido de materia orgánica, que se asimilan a los xerosoles, vertisoles y kastanozems, estos últimos en las porciones más elevadas de la zona de vida, así como litosoles en las áreas de pendiente fuerte y con cubierta edáfica somera (ONERN, 1976).

El monte espinoso premontano tropical es tipificado como una región semiárida. La vegetación que caracteriza a esta zona de vida es un monte pluvifolio con sotobosque graminal temporal. Las especies dominantes son “hualtaco” (*Loxopterygium huasango*), “palo santo” (*Bursera graveolens*), “faique” (*Acacia sp.*), “charán” (*Caesalpinia corymbosa*), “pasallo” (*Bombax sp.*), “polo polo” (*Cochlospermum vitifolium*), “ceibo” (*Bombax sp.*). Se presentan “algarrobo” (*Prosopis pallida*) y cactáceas columnares en menor abundancia que en zonas de vida presentes a menores altitudes. Se encuentran epífitas por la presencia de neblinas (ONERN, 1976).

En la parte más alta de la subcuenca se hace presente la zona de vida bosque seco premontano tropical. Ésta es una región subhúmeda, de topografía predominantemente inclinada, suelos generalmente calcáreos, arcillosos, relativamente profundos y susceptibles a la erosión (ONERN, 1976).

Según el Mapa Forestal del Perú, Bolívar se encuentra dentro de la franja denominada bosque seco de montaña. Este tipo de bosque está representado por especies arbóreas, generalmente de porte medio, con alturas máximas de 12 m; excepcionalmente, llegan a duplicar esta altura árboles localizados en el fondo de las quebradas y zonas de transición de los bosques subhúmedos. Las especies son mayormente caducifolias, sobresaliendo por su abundancia y dominancia el “pasallo”, “ceibo”, “palo santo”, “hualtaco”, “guayacán”, etc. Es característico

de estos bosques la abundante presencia de epífitas conocidas como “salvajina” (*Tillandsia usneoides*), que se cuelgan de las copas y de las ramas de los árboles (INRENA, 1995).

Una evaluación realizada en un sector del Coto de Caza "El Angolo", sobre los 900 m.s.n.m., tipificó al bosque seco de montaña allí presente como asociación ceibo-pasallo-charán. Asimismo, diferenció tipos de vegetación, como el bosque de laderas altas y medias de similar composición florística, y el bosque del fondo de la quebrada con mayor diversidad (Ugaz y Suárez de Freitas, citados por Ríos 1989, citado por INRENA, 1995).

#### 2.6.2 USO ACTUAL Y POTENCIAL DE LA TIERRA

La actividad económica predominante es la agricultura, ocupando el 90 % del tiempo del productor rural y su familia. Ésta es generalmente de subsistencia. Predomina el cultivo de maíz y menestras en las inmediaciones del pueblo de Bolívar, aunque en la totalidad del distrito, al presentarse diversos climas, se cultiva también papa, trigo, cebada, café, frutales, entre otros. Se desarrolla además la ganadería de vacunos y ovinos (FUNDENOR, 2005).

Las tierras del lugar están clasificadas, según su capacidad de uso mayor, como de protección y aptas para pastos temporales, de calidad agrológica baja y limitadas por el clima (ONERN, 1981).

Actualmente el bosque se encuentra amenazado por la extracción de leña y materiales de construcción, además de la ampliación de la frontera agrícola (FUNDENOR, 2005).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 AREA DE COLECCIÓN DE LA MUESTRA

##### 3.1.1 UBICACIÓN

El área se ubica en el distrito de Bolívar, el cual se encuentra en la provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca, entre los 6° 92' y 7°12' LS, y los 92°24' y 92°32' LO. Corresponde a la subcuenca del río Nanchoc, parte alta de la cuenca del río Zaña (ver Figura 3). Bolívar, capital del distrito, se encuentra a 940 m.s.n.m.



**Figura 3** Ubicación del distrito de Bolívar, provincia de San Miguel, Cajamarca.

### 3.1.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

El ceibal se presenta entre altitudes aproximadas de 700 a 1200 m.s.n.m. sobre las laderas y quebradas que rodean al pueblo de Bolívar por el norte y por el sur, siendo su relieve desde fuertemente inclinado o muy inclinado (pendientes de 14 % a 25 %) a empinado o muy empinado (pendientes de 40 % a 71 %). Sin embargo, los ceibos se pueden encontrar, de forma esporádica, desde el caserío de Tingues, en el distrito de Nanchoc, a una altitud aproximada de 330 m.s.n.m. y sobre relieve plano; su límite superior es una cota similar a los 1300 m.s.n.m. En los suelos de los lugares de colección se observó que predomina la fracción arcillosa.

En Bolívar es posible apreciar cambios en la composición florística conforme al aumento de altitud. En la Figura 4 se muestra el bosque cercano al fondo del valle, con una altitud aproximada de 770 m.s.n.m., donde el ceibo es la especie predominante. En cambio, en la Figura 5 se ve el bosque a aproximadamente 1200 m.s.n.m., donde disminuye la abundancia de ceibo y aumenta la presencia de otras especies arbóreas.



**Figura 4** Ceibos en zona próxima al fondo de quebrada en Bolívar



**Figura 5** Disminución de la presencia de ceibos (señalados con círculos rojos) en Bolívar, a 1200 m.s.n.m.

### 3.2 MATERIA PRIMA

Se reconocieron 2 especies de ceibo: *Ceiba trichistandra*, de gran abundancia en todo el ámbito de Bolívar, y *Ceiba insignis*, de la cual sólo se observaron 2 individuos en un predio agrícola próximo al distrito de Nanchoc. La constancia de determinación botánica se encuentra en el Anexo 1.

Especie estudiada : *Ceiba trichistandra* (A. Gray) Bakh.

Nombre común : “ceibo”, “tunsho”

Familia : Bombacaceae

La cosecha fue realizada a principios de Septiembre de 2006. La presencia anómala de precipitaciones durante el estiaje de ese año hizo caer muchas flores en el mes de Julio, sobre todo en las zonas altas de Bolívar; por ello la disponibilidad de frutos (llamados localmente

“bellotas”) fue escasa, o se desarrollaron únicamente en las partes más altas de los árboles. Esto influyó fuertemente en la elección de los individuos de colección, ya que muchos árboles poseían frutos inaccesibles, o carecían de ellos. En la Figura 6 se muestran individuos de colección.



**Figura 6** Individuos de colección a distintas altitudes: a) 1130 m.s.n.m.; b) 730 m.s.n.m.

La cosecha se hizo con una tijera telescópica de 10 metros. Este proceso presentó dificultades ya que en muchas ocasiones los frutos se encontraban incluso por encima de esta altura.

Algunos frutos, al momento de ser colectados, se hallaban en un estado de inmadurez (debido al clima anómalo y al desfase de las estaciones, descrito líneas arriba). Esto produjo su pudrición. Cuando son inmaduros, los frutos son de color verdoso o marrón verdoso. Conforme se desarrollan adquieren un tono rojizo intenso y al llegar a la madurez son marrón oscuro.

No siendo uniforme la madurez de los frutos inclusive de un mismo árbol, el cosechador que desee obtener fibras de óptima calidad ha de estar muy familiarizado con el ciclo anual del ceibo y la maduración de las cápsulas, teniendo suficiente criterio para recolectar los frutos

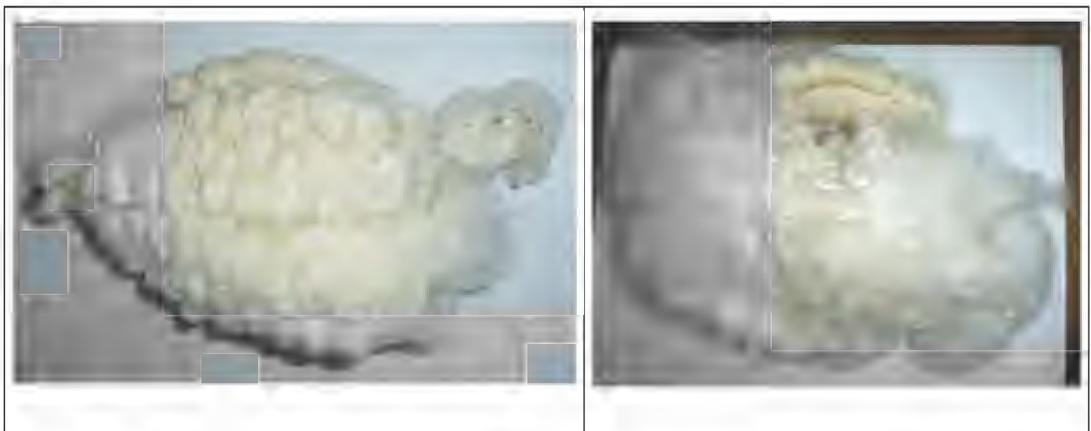
justo antes de que comiencen a abrirse; esto para evitar, por un lado, que el kapok sea dispersado por el viento, y por el otro, que la inmadurez del fruto perjudique a las fibras.

### 3.2.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

A pesar de las precauciones tomadas para asegurar el secado, fue imposible evitar la pudrición de numerosos frutos a causa de la alta humedad atmosférica, la cual propició el crecimiento de gran variedad de hongos. En algunos de los frutos en estado de inmadurez, la secreción saviosa de las cubiertas también contribuyó al deterioro; ver Figura 9. Las Figuras 7 y 8 muestran al fruto y los copos durante un secado óptimo.



**Figura 7** Fruto de ceibo abierto al secarse, mostrando el copo de fibras



**Figura 8** Copos de fibras en buen estado, en distintas fases de pérdida de humedad; a medida que esto ocurre, se expanden.



**Figura 9** Copos de fibras deteriorados: a) por la secreción saviosa de la cubierta de frutos inmaduros; b) por hongos diversos

El kapok debe ser prontamente separado de las semillas, cuyo aceite puede manchar las fibras. Durante el secado de los frutos este aceite, así como la secreción saviosa de las cubiertas, atrajo a gran número de Dermápteros (“tijeretas”). Asimismo, durante el secado, selección y embalaje de las fibras, anidaron en ellas insectos del género *Lepisma* (“pececillos de plata”) y arácnidos.

### **3.3 LUGAR DE ESTUDIO**

Los ensayos físico-mecánicos y químicos de las fibras se llevaron a cabo en el Área de Transformación Química de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM, salvo en el caso de la medición del diámetro de fibras; este ensayo se realizó en el Laboratorio de Fibras del Programa de Ovinos y Camélidos Americanos de la UNALM.

### **3.4 MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **3.4.1 MATERIALES DE CAMPO**

- Cinta métrica
- Regla Biltmore
- Bolsas
- Machete

- Madeja de hilo de algodón
- Tijera telescópica con 5 tubos de aluminio de 2 metros cada uno
- Libreta de campo
- Lápices
- Etiquetas
- GPS
- Cámara fotográfica

#### 3.4.2 MATERIALES DE LABORATORIO

- Mascarilla
- Gafas de seguridad
- Regla de 200 mm.
- Pesas de 1, 2 y 5 g.
- Pegamento
- Varilla metálica
- Láminas porta-objetos y cubre-objetos
- Cápsulas de porcelana
- Malla metálica
- Baldes de plástico
- Bolsas de poliéster
- Desecador
- Crisoles
- Extractor Soxhlet
- Matraces Erlenmeyer
- Balones de cuello esmerilado

- Refrigerante a reflujo
- Luna de reloj
- Embudos
- Papel filtro
- Pipeta 10 mL.
- Soporte universal
- Reactivos: parafina líquida, agua destilada, etanol al 95 %, ácido nítrico 40° B e, hidróxido de sodio al 1 %, ácido acético al 10 %.

#### 3.4.3 EQUIPOS DE LABORATORIO

- Estufa eléctrica
- Centrífuga de 4000 r.p.m.
- Balanza analítica de precisión de 0,1 mg.
- Balanza analítica con sensibilidad de 0,1 g.
- Baño maría
- Mufla eléctrica de hasta 1200° C
- Microproyector de fibras
- Micrótopo Ardí

#### 3.4.4 EQUIPOS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

- Computadora con software de procesamiento de datos, textos y elaboración de gráficos.

## 3.5 METODOLOGÍA

### 3.5.1 SECUENCIA METODOLÓGICA

#### *A) RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE COLECCIÓN*

Se realizaron dos jornadas: una en cotas altas, ascendiendo por la trocha carrozable que va hacia el caserío El Pino y posteriormente a San Miguel de Pallaques, en la ladera al sur del pueblo de Bolívar; la siguiente en cotas bajas, siguiendo el camino que desciende de Bolívar y se dirige hacia el caserío San José (ver mapa en el Anexo 3). En ambas se fueron tomando datos de los ceibos encontrados.

#### *B) SELECCIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO*

Se seleccionaron las siguientes variables independientes: clase diamétrica y nivel altitudinal.

El área fue dividida en dos niveles altitudinales: el primero, en cotas superiores al pueblo de Bolívar, fue denominado Alto (900 - 1200 m.s.n.m.); el segundo, en cotas inferiores, denominado Bajo (700 - 900 m.s.n.m.). Durante la observación del terreno se apreciaron diferencias ecológicas y climáticas entre ambos niveles altitudinales.

El reconocimiento del área permitió determinar que los ceibos podían agruparse en grupos definidos, según su diámetro: aquellos que no superaban 1 m; aquellos que tendían al gigantismo, con diámetros superiores a 1,5 m, encontrados sobre todo en el nivel altitudinal Alto; finalmente, aquellos que se encontraban entre estos valores, más comunes. De este modo los ceibos fueron clasificados en clases diamétricas.

#### *C) DETERMINACION DE INDIVIDUOS DE COLECCIÓN*

Los individuos colectados, ya clasificados según clases diamétricas, fueron elegidos al azar, indistintamente si se encontraban dentro de predios rozados para la agricultura, junto a los caminos, en las quebradas o dentro del bosque. Los frutos colectados de cada árbol fueron elegidos aleatoriamente.

#### *D) COLECCIÓN DE FRUTOS*

La recolección se realizó cuando los frutos se encontraban en estado semi-maduro, directamente del árbol, mediante el uso de una tijera telescópica extensible hasta 10 metros. La

cosecha usualmente se realiza utilizando cuerdas con las cuales se enlazan los frutos, o escalando el árbol con escaleras y sogas.

#### *E) SECADO DE LOS FRUTOS*

Se realizó en lugares expuestos al aire libre, aunque bajo tinglados para impedir el humedecimiento producido por la lluvia. El lugar ideal es un patio bien ventilado y expuesto al sol, protegido por alambradas para evitar que el kapok sea esparcido por el viento. Se extendieron los frutos de manera uniforme sobre superficies limpias hasta su apertura; se evitó el hacinamiento de frutos, para impedir su pudrición (Otivo, 1998). Luego de la apertura, se procedió a pesar los frutos y a continuación se abrieron los copos<sup>4</sup> para extraer rápidamente la mayor cantidad posible de semillas, se clasificó el kapok según el árbol de origen y se dejó expuesto al aire para que perdiera humedad. Posteriormente fue completamente separado de semillas e impurezas, y pesado. Este proceso es sumamente lento y laborioso, y requiere la utilización de gafas de seguridad y mascarilla, ya que las fibras son tan livianas que vuelan fácilmente causando molestias al operario en ojos y vías respiratorias. Por último el kapok fue rotulado y embolsado. Todas las propiedades físico-mecánicas y químicas de las fibras se ensayaron en su estado natural, sin realizar tratamientos previos (tales como lavado u otros).

#### *F) EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y PROPIEDADES DE LAS FIBRAS*

##### F.1 Rendimiento de fibras

Se pesó el fruto abierto, el copo de fibras recién extraído y luego la cantidad de fibra seca al aire una vez separada de las cubiertas, semillas y otras impurezas. El rendimiento fue obtenido usando la fórmula que se menciona a continuación:

$$\text{Rendimiento de fibra en fruto (\%)} = \frac{\text{Peso de fibra (g)}}{\text{Peso del fruto completo seco al aire (g)}} * 100$$

##### F.1.1 Rendimiento en copo y humedad de fibras

Se obtuvo el rendimiento de fibra en copo recién extraído del fruto, mediante la siguiente fórmula:

---

<sup>4</sup> Se ha denominado “copo” al conglomerado de fibras que envuelven a las semillas y que están empacadas dentro del fruto.

$$\text{Rendimiento de fibra en copo (\%)} = \frac{\text{Peso de fibra (g)}}{\text{Peso del copo (g)}} * 100$$

Se realizó un cálculo de la humedad presente en los copos de fibras. La pérdida de humedad se hizo de acuerdo a la norma NTP 272:010.

Luego de esta etapa se realizaron las evaluaciones físico-mecánicas y químicas de las fibras.

## F.2 Análisis físico-mecánicos y químicos

### F.2.1 Longitud

La fibra de kapok es demasiado larga para ser medida usando los métodos comunes a las fibras papeleras. Además, su excesiva fragilidad y tendencia a permanecer arrugada dificultó su evaluación. Dada la dificultad de medición individual de fibras, se midieron “mechas” o conjuntos espacialmente ordenados de fibras empleando una regla graduada en milímetros, estirándolos levemente y cuidando de evitar su deformación. Este procedimiento es conocido como longitud de mecha y es aplicado para lana de ovinos (Alomar *et al*, 1997; norma interna del Programa de Ovinos y Camélidos Americanos de la UNALM). La longitud de mecha se usa normalmente en las apreciaciones comerciales para pronosticar la longitud promedio de fibras (Sacchero, 2004). Se realizaron 20 repeticiones por muestra, siendo las mechas extraídas al azar de diferentes frutos. Se efectuaron además 10 mediciones de mecha corta (que se encuentra adherida a los tabiques internos del fruto) las cuales no se promediaron con el resto al ser fibras de difícil extracción y por ello poco aprovechable.

### F.2.2 Diámetro

La medición del diámetro se realizó en el Laboratorio de Fibras del Programa de Ovinos y Camélidos Americanos, de la Facultad de Zootecnia de la UNALM. El ensayo se hizo de acuerdo a la norma ASTM 2130-95, la cual se encuentra en el Anexo 13.

### F.2.3 Tensión

Como en el caso del ensayo de longitud, los métodos y equipos utilizados para ensayar el algodón, la lana de origen animal o las fibras papeleras no pueden aplicarse al kapok. Debido a

la fragilidad de la fibra, la tensión fue evaluada adaptando el principio del dinamómetro de la siguiente forma: se aisló una fibra y fue unida con pegamento a dos rectángulos de papel, procurando no dejar separación entre ellos. Uno de los rectángulos tenía amarrado un hilo con varios lazos, de los cuales se fueron colgando pesas de 1, 2 e inclusive 5 g, ejerciendo cada vez la fuerza durante un tiempo de 2 s, hasta llegar a la ruptura de la fibra. De esta forma se mide la fuerza tensora en el momento de la ruptura, que representa la máxima resistencia (adaptación de la norma TAPPI T231 cm-96). Se realizaron 10 repeticiones por muestra. El valor final de tensión de ruptura fue expresado en  $\text{Newton/mm}^2$ .

#### F.2.4 Inflamabilidad

Se colocaron en cápsulas de porcelana 0,5 g de fibras por muestra. Cada cápsula fue introducida en la mufla y se fue subiendo progresivamente la temperatura, registrándose el punto de ignición. Previamente se estimó sensorialmente el punto de descomposición térmica, que es cuando comienzan a degradarse los polímeros (glúcidos y lignina) por acción del calor, y se anotó dicha temperatura; método de Quintana (2002) adaptado en el Laboratorio de Pulpa y Papel-UNALM.

#### F.2.5 Absorción

Se realizó tomando como referencia la norma técnica UNE-EN 13543:2002; una versión resumida de la misma se encuentra en el Anexo 14.

#### F.2.6 Determinación de extractivos

Se llevó a cabo adaptando la norma Standard G. 20 de la Canadian Pulp and Paper Association (material extraíble con etanol-benceno; en este caso se usó solamente etanol). La norma se encuentra en el Anexo 15.

#### F.2.7 Determinación de celulosa

Se realizó usando el método Kurschner et Hoffner. El método está descrito en el Anexo 16.

#### F.2.8 Solubilidad en hidróxido de sodio

Se realizó según la norma TAPPI T212 om-98. La norma se encuentra en el Anexo 17.

### 3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo factorial 2x3 con 3 bloques, a fin de evaluar el efecto de dos variables, clase diamétrica y nivel altitudinal, sobre el rendimiento y las propiedades físico-mecánicas y químicas del kapok.

Se definieron las siguientes variables independientes para este experimento:

- a) DAP: se determinaron 3 clases diamétricas, cada una con una amplitud de 0,5 m.
- b) Nivel altitudinal: la zona de estudio fue dividida en 2 niveles.
  - Alto (900 -1 200 m.s.n.m.)
  - Bajo (700 - 900 m.s.n.m.).

En el Cuadro 3 se expone el diseño experimental del presente estudio.

**Cuadro 3** Diseño experimental de las propiedades de las fibras de kapok en función a dos variables

	<i>Nivel altitudinal</i>	
<i>Clase diamétrica</i>	Bajo 700 - 900 msnm	Alto 900 - 1200 msnm
cd 1 [0.5 - 1] m	3 repeticiones	3 repeticiones
cd 2 <1 - 1,5] m	3 repeticiones	3 repeticiones
cd 3 <1.5 - 2] m	3 repeticiones	3 repeticiones

El análisis estadístico posterior se realizó mediante el software SAS 8. El análisis de varianza (ANVA) tuvo en cuenta un nivel de significación elegido de 0,05. Para determinar la existencia de relaciones significativas entre los resultados y cada una de las variables independientes se utilizó la prueba de Tukey.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y PROPIEDADES DE LAS FIBRAS

#### 4.1.1 RENDIMIENTO DE FIBRAS

A pesar de lo planificado, se redujo el número total de 5 repeticiones por árbol muestreado, a causa de pérdidas por pudrición; el número osciló entre 1 y 5, teniéndose frutos excedentes para dos árboles, de los que se tomaron 8 y 10 mediciones. Aunque no se dispuso de un número uniforme de repeticiones, se calcularon las medias con todos los datos obtenidos, ya que su variabilidad no excedió los límites aceptables. Los datos originales de las masas y las dimensiones de los frutos se encuentran en el Anexo 5.

El análisis estadístico (ANVA) determinó como no significativo la influencia del nivel altitudinal ( $P = 0,0825$ ), clase diamétrica ( $P = 0,9998$ ), así como la interacción de ambos factores ( $P = 0,5881$ ) sobre el rendimiento de fibras. Sin embargo,  $0,0825$  se encuentra cercano al error del nivel significativo ( $0,05$ ). Puede deducirse que hay una influencia del nivel altitudinal sobre el rendimiento, pero con  $8,25\%$  de error. En la Figura 10 se muestra la variación de los valores de rendimiento en función de la clase diamétrica y el nivel altitudinal; los valores máximo y mínimo hallados fueron  $16,59\%$  y  $2,98\%$ .

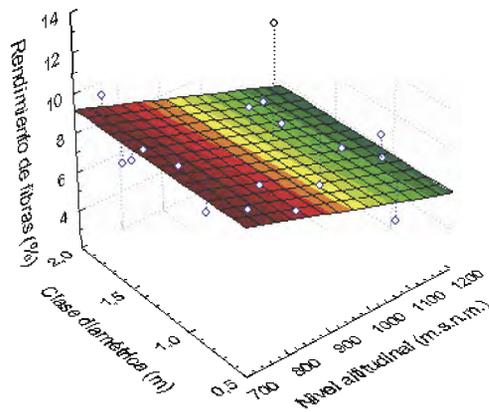
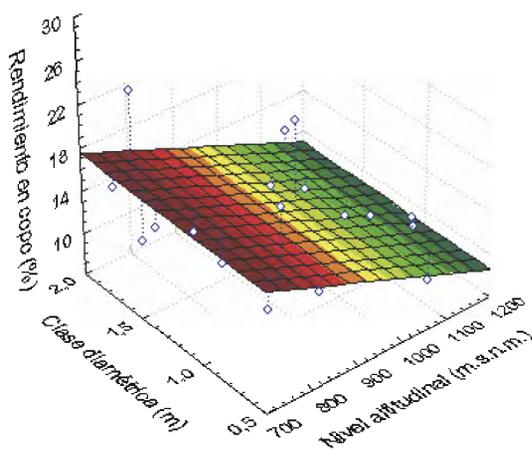


Figura 10 Variación del rendimiento de fibras en función de altitud y diámetro

La prueba de Tukey no encontró significación en las diferencias entre los rendimientos promedios de los niveles altitudinales Alto y Bajo. Asimismo, se encontró que las diferencias en los rendimientos promedios de las tres clases diamétricas no eran significativas.

#### A) RENDIMIENTO EN COPO Y HUMEDAD DE FIBRAS

Respecto al rendimiento en copo de fibras al momento de ser extraído del fruto, la variación de los resultados, en función de la clase diamétrica y el nivel altitudinal, es representada en la Figura 11.



**Figura 11** Variación de rendimiento en copo en función de altitud y diámetro

Según se observa en la Figura 11, los mayores rendimientos en copo fueron obtenidos en el nivel altitudinal Bajo; en cuanto a la clase diamétrica, no hay una tendencia definida que muestre mejores rendimientos en copo, en alguna de las tres clases.

En la evaluación de humedad, se menciona que algunos copos de fibras, luego de ser extraídos y pesados, fueron dejados enteros y secados al aire, a fin de conocer el porcentaje de humedad que contenían al momento de la extracción. Los porcentajes variaron entre 44,91 % y 76,91 %, en una muestra de 10 copos; la variación de los valores de humedad se debería a diferentes estados de maduración del fruto.

Gracias a estos datos de humedad, se calcularon los rendimientos en copo en base seca, cuyos valores fluctuaron entre 45,54 % y 61,14 % (ver datos completos en el Anexo 5).

#### 4.1.2 ENSAYOS QUÍMICOS

Los resultados de los ensayos químicos se presentan previamente a los de las pruebas físico-mecánicas, debido a que la composición química es determinante para las propiedades de las fibras. Se prepararon 6 especímenes para cada ensayo; un espécimen era una mezcla de fibras de los tres árboles de igual clase diamétrica y nivel altitudinal. En el Cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos.

**Cuadro 4** Análisis químicos de las fibras de kapok de *Ceiba trichistandra*

<b>Nivel altitudinal</b>	<b>Clase diamétrica</b>	<b>Extractivos en etanol (%)</b>	<b>Celulosa (%)</b>	<b>Solubilidad en NaOH (%)</b>
Alto: 900 -1200 m.s.n.m.	cd 1 [0.5 - 1] m	2.83	42.36	32.34
	cd 2 <1 - 1,5] m	5.64	49.21	45.11
	cd 3 <1.5 - 2] m	7.73	52.04	26.97
Bajo: 700 – 900 m.s.n.m.	cd 1 [0.5 - 1] m	4.56	42.23	30.43
	cd 2 <1 - 1,5] m	14.64	52.65	31.75
	cd 3 <1.5 - 2] m	5.62	39.94	31.76

Los porcentajes hallados de material extraíble demuestran que una parte importante de la composición de las fibras corresponde a compuestos no estructurales. El etanol, como solvente, tiene la propiedad de extraer compuestos cíclicos, aromáticos, principalmente fenoles, polifenoles y compuestos relacionados, además de extraer fracciones de lignina de bajo peso molecular (Rydholm, 1965, citado por Velásquez *et al*, 2006). Estos podrían ser los responsables de la alta biorresistencia que, según la revisión bibliográfica, posee el kapok.

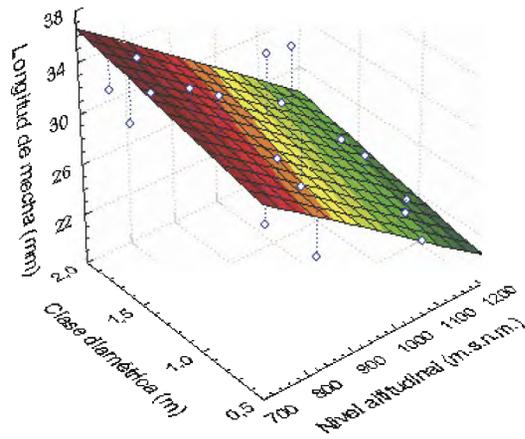
Mientras que en el kapok se encontró un contenido de celulosa que está entre el 40 % y el 53 % de la fibra, mayor al 35 % que señala la revisión bibliográfica para las fibras de *Ceiba pentandra* (Hori *et al*, 2000). Desde el punto de vista químico, se ha establecido que las fibras de buena calidad para usos textiles están asociadas con un alto contenido de celulosa (Maiti Maiti, 1995).

La prueba de solubilidad en hidróxido de sodio provocó daño en las fibras, al contrario de lo que sucede con el algodón, que es resistente (Hollen *et al*, 1961). El hidróxido de sodio, en solución, extrae glúcidos de bajo peso molecular, consistente principalmente en hemicelulosas. (Norma TAPPI T212 om-98). Ya que la temperatura empleada en este análisis no superó los 100° C, se prevé que, durante la extracción, la celulosa de las fibras de kapok no fue atacada y/o disuelta. Los altos valores de solubilidad obtenidos (33,06 % en promedio) indican una importante proporción de hemicelulosas en la constitución de las fibras; este porcentaje debe incluir, además, aceites y ceras.

La fibra de algodón tiene un revestimiento de aceites y ceras que lo hacen hidrofóbico; en este estado se le llama “crudo”. Se debe “descrudar” el algodón si es que se desea tener absorbencia en el producto final. Esto se logra saturándolo con una solución de soda cáustica (hidróxido sódico) a temperaturas elevadas y durante un tiempo predeterminado. Durante este proceso, se saponifican los aceites y ceras naturales, se suaviza el material vegetal, se eliminan las pectinas y otros materiales no celulósicos, que son posteriormente lavados con agua. Después del descrude y blanqueo, se han removido todas las impurezas y la fibra de algodón tiene la forma de celulosa pura (Cotton Incorporated, 2007). En el caso del kapok, un proceso semejante causaría un amplio daño estructural, a causa del alto contenido de glúcidos de bajo peso molecular.

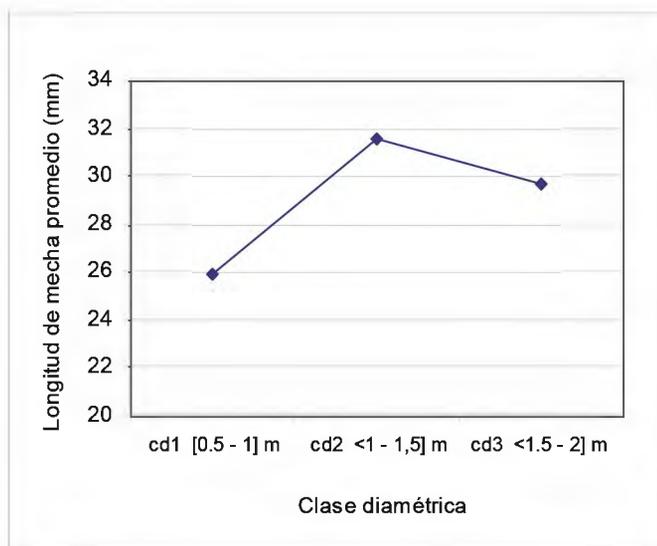
#### 4.1.3 LONGITUD

El análisis estadístico (ANVA) dio un resultado altamente significativo ( $P = 0,0013$ ) acerca de la influencia del nivel altitudinal sobre la longitud de mecha. La clase diamétrica y la interacción de las variables resultaron ser no significativas, aunque el valor de  $P$  para clase diamétrica ( $P = 0,0889$ ) se aproxima a 0,05, como en el ANVA de rendimiento versus nivel altitudinal. En la Figura 12 se muestra la variación de los valores de longitud de mecha en función de la clase diamétrica y el nivel altitudinal. Las longitudes de mecha encontradas fluctuaron entre 51 mm, valor máximo, y 18 mm, valor mínimo. La fibra corta, por su parte, tiene longitudes promedio que fluctúan mayoritariamente entre los 10 y 13 mm.



**Figura 12** Variación de longitud de mecha en función de altitud y diámetro

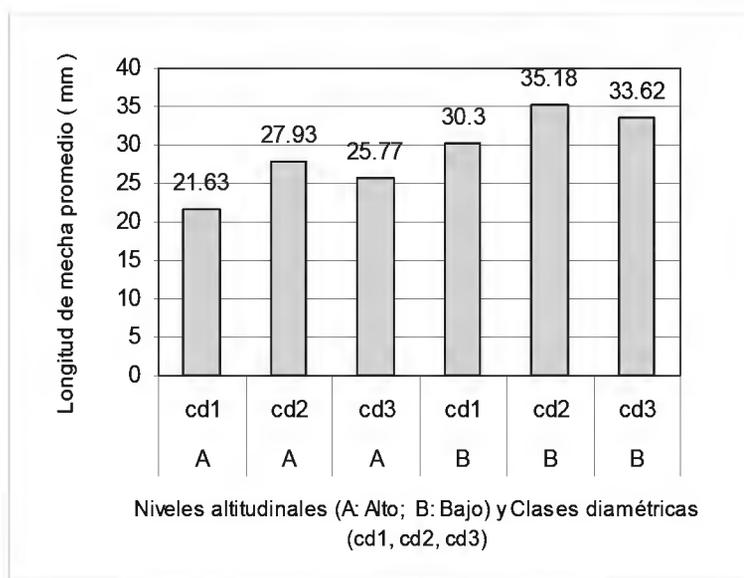
La prueba de Tukey dio un resultado significativo para la diferencia entre las longitudes de mecha promedio para los niveles altitudinales Alto (mayor a 900 m.s.n.m.) y Bajo (menor a 900 m.s.n.m.). En la Figura 12 se observa que las mayores longitudes se obtuvieron en el nivel altitudinal Bajo. En el caso de la variable clase diamétrica, la prueba de Tukey consideró no significativa la diferencia entre longitudes de mecha de cada clase. Una prueba adicional, de Duncan, arrojó los siguientes resultados: no hay diferencia entre las longitudes de mecha promedio de cd 2 y cd 3, así como entre cd 1 y cd 3. Sin embargo, entre las de cd 1 y cd 2 si hay diferencia significativa. Esto puede indicar que hay una influencia poco notoria, pero existente, entre la variable clase diamétrica y la longitud de mecha, puesto que no fue detectada por la prueba de Tukey, más rigurosa, pero sí por la prueba de Duncan, más flexible para las cambiantes condiciones de los trabajos de campo. En la Figura 13 se observa la tendencia que siguen las longitudes de mecha promedio en función de la clase diamétrica.



**Figura 13** Longitud de mecha promedio en función a clase diamétrica

El nivel altitudinal puede estar relacionado a factores climáticos que favorecieron el crecimiento y maduración del fruto. A partir de los 1000 m.s.n.m., en Bolívar disminuye la temperatura promedio anual, la cual podría ser menos favorable al desarrollo del ceibo y sus frutos. La precipitación, a su vez, aumenta con la altitud. En el nivel altitudinal Bajo, el volumen normal de precipitación anual se ajusta a las preferencias de la especie. Pueden haber intervenido otros factores ligados a la ubicación de los árboles, como horas de exposición al sol (mayor en la zona de colección del nivel altitudinal Bajo), profundidad y estructura del suelo, etc. En el algodón está comprobado que cuando las condiciones de crecimiento varían en forma pronunciada, los efectos del medio se manifiestan en una longitud diferente de fibra (Bates y Osborn, 1961).

En la Figura 14, se podría afirmar que las mejores longitudes de mecha se obtienen, en cada nivel altitudinal, de los árboles que se encuentran en la clase diamétrica intermedia (entre 1 y 1,5 m de diámetro), cuya edad media estaría produciendo una mejor distribución de los nutrientes y por ello un mejor crecimiento de las fibras.



**Figura 14** Longitud de mecha promedio por clase diamétrica y nivel altitudinal

Por otra parte, observaciones cualitativas indicaron que otras variables podrían ejercer importante influencia en la longitud de mecha. La fibra proveniente de frutos de menor calidad (deteriorados) era más corta. La propensión al deterioro parece estar relacionado con una maduración o secado del fruto no adecuado. Se pudo observar que existía esta tendencia, por ejemplo, en el kapok obtenido del árbol 5 del nivel altitudinal Bajo (5B). Las primeras 10 lecturas provinieron de frutos cuya fibra era totalmente blanca y su longitud de mecha promedio fue de 43,1 mm. Las siguientes 10 lecturas fueron de fibras cuyo estado, si bien no era malo, presentaron un valor inferior de longitud de mecha promedio, 29,5 mm. En el árbol 7B se da también que la longitud de mecha mayor proviene de fibra más blanca. Los frutos con un promedio de longitud de mecha bajo coincidentemente eran los que sufrieron un mayor grado de deterioro, tales como los provenientes de los árboles 3A, 9A, y también 7A.

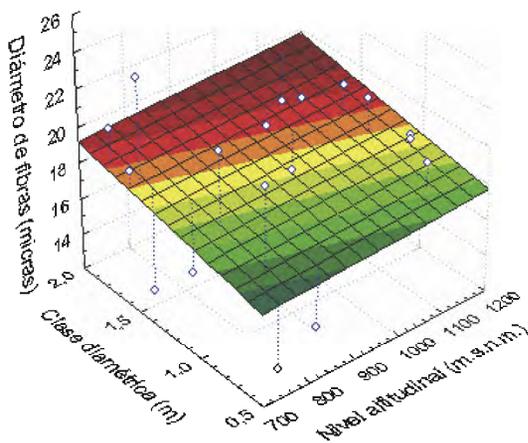
A modo de comparación, se menciona que, en ovinos, se considera que una buena longitud de fibra es de 80 a 110 mm. La longitud del algodón oscila entre 10 y 50 mm., siendo 39,69 mm. el valor estándar para el algodón pima. Se ve que la longitud de mecha del kapok es similar a la de las fibras de algodón; sin embargo, la longitud final se ve afectada por la resistencia de la fibra. Debe recordarse que existe un largo de fibra mínimo por debajo del cual las lanas no

pueden procesarse como para dar productos finales de más calidad y precio. Este límite varía según el tipo de maquinaria utilizada y la modalidad de trabajo (Polanco, 2005).

#### 4.1.4 DIÁMETRO DE FIBRAS

En un inicio se intentó medir el diámetro de las fibras mediante métodos láser, pero el bajo peso y la alta flotabilidad del kapok lo hizo imposible (la medición con láser requiere que la fibra se hunda en etanol). Por ello se optó por la microproyección. Este método debe realizarse apenas montada la muestra en la lámina porta-objetos, ya que si se deja en ella algún tiempo la parafina empleada en el montaje degrada las fibras.

El análisis estadístico (ANVA) no encontró influencia significativa del nivel altitudinal ( $P = 0,6912$ ), clase diamétrica ( $P = 0,4738$ ), así como la interacción de ambas variables ( $P = 0,2306$ ) sobre el diámetro de fibras. En la Figura 15 se muestra la variación de los valores de diámetro de fibras en función de la clase diamétrica y el nivel altitudinal.



**Figura 15** Variación de diámetro de fibras en función de altitud y diámetro

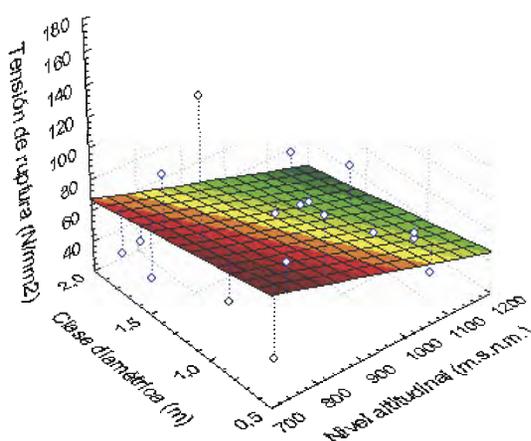
La prueba de Tukey no encontró significación en las diferencias entre los diámetros de fibra medios de cada nivel altitudinal. Asimismo, determinó que las diferencias entre los diámetros

de fibra medios de cada clase diamétrica no eran significativas. Cabe agregar que se esperaba hallar una correspondencia entre esta variable y el nivel altitudinal, ya que sí se encontró respecto a la longitud de mecha (y podría pensarse en una relación directa entre longitud y diámetro), pero esto no ocurrió.

En las fibras naturales la finura es un factor importante para determinar su calidad; además, define su posible uso industrial. El diámetro de las fibras de vicuña es en promedio 12 micras, mientras que las de alpaca varían entre 20 a 30 micras, según la edad. El algodón está entre 16 y 20 micras, la seda va de 11 a 12 micras; por último, la lana de ovino llega hasta 50 micras (Hollen *et al*, 1979). En el caso del kapok, los diámetros de fibras hallados estuvieron entre 13 y 24 micras.

#### 4.1.5 TENSIÓN

El análisis estadístico (ANVA) indicó que hay una relación significativa entre la tensión de ruptura de las fibras y el nivel altitudinal ( $P = 0,0353$ ), mientras que para la clase diamétrica ( $P = 0,241$ ) y la interacción de ambas variables ( $P = 0,398$ ) no se halló significación. En la Figura 16 se muestra la variación de los valores de tensión de ruptura en función de la clase diamétrica y el nivel altitudinal.



**Figura 16** Tensión de ruptura de fibras individuales según altitud y diámetro

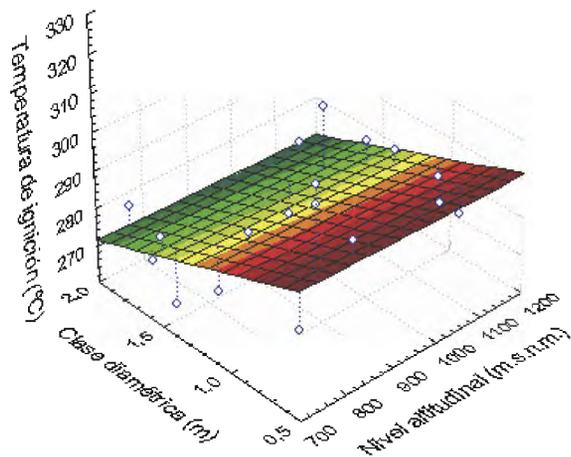
La prueba de Tukey demostró que existen diferencias significativas entre las tensiones de ruptura medias de cada nivel altitudinal. Las más altas resistencias se encontraron en el nivel altitudinal Bajo. Respecto a la clase diamétrica, la prueba de Tukey indica que no hay diferencia entre las tensiones de cada clase diamétrica, es decir, que esta variable no ejerce influencia.

Nuevamente, el efecto del nivel altitudinal puede deberse a factores climáticos y edafológicos que favorecieron el crecimiento y maduración del fruto. En este caso también parece existir relación entre la resistencia y el deterioro del kapok, ya que las fibras más débiles fueron extraídas de copos de menor calidad, que correspondían a muestras del nivel altitudinal Alto.

La resistencia de la fibra es una característica sumamente importante ya que afectará la longitud de las fibras al intentar ser usada en textiles. En algodón, se considera como fibras débiles a aquellas que resisten una fuerza igual o menor a  $448,18 \text{ N} / \text{mm}^2$  (Bates y Osborn, 1961). Se observa la gran diferencia que existe entre este valor y la fuerza tensora que soporta el kapok (ver Figura 16). Es probable que esta debilidad sea producto de la presencia, en su estructura química, de sustancias como los glúcidos de bajo peso molecular, cantidad que estaría representada por el valor de solubilidad en hidróxido de sodio. En este resultado también podría influir el grado de polimerización de la celulosa de la fibra de kapok.

#### 4.1.6 INFLAMABILIDAD

El análisis estadístico (ANVA) no encontró influencia del nivel altitudinal ( $P = 0,5607$ ), clase diamétrica ( $P = 0,3372$ ), así como la interacción de ambas variables ( $P = 0,2714$ ), sobre la inflamabilidad de fibras. En la Figura 17 se muestra la variación de los valores de temperatura de ignición en función de la clase diamétrica y el nivel altitudinal.



**Figura 17** Variación de la temperatura de ignición en función de altitud y diámetro

El punto de descomposición térmica del kapok no fue sometido al análisis estadístico, por depender de la observación de cambios de color y/o de la aparición de olor en las fibras de la parte externa de la muestra, que son las que primero se ven afectadas por el aumento de temperatura.

La prueba de Tukey no encontró significación en las diferencias entre las temperaturas de ignición medias de cada nivel altitudinal y de cada clase diamétrica.

En general, el comportamiento del kapok durante este ensayo fue el siguiente: las fibras, que son blancas, comenzaron a adquirir poco a poco un tono marrón, mientras se percibía olor a papel quemado (que confirmó el contenido celulósico de las fibras). El kapok fue oscureciéndose cada vez más y luego ennegreciendo. La emisión de gases se hizo visible y aumentó progresivamente, hasta hacerse repentinamente muy abundante, al llegar a la “ignición”<sup>5</sup>. Este momento fue acompañado por la aparición, en la mayoría de los casos, de una

<sup>5</sup> Se denomina “ignición” a la temperatura mínima a la cual debe ser calentado un material en el aire, para que en ella se pueda iniciar y mantener una combustión independiente de la fuente de calor.

línea incandescente (el frente de reacción o combustión) que recorrió rápidamente toda la masa, descomponiéndola. A medida que el frente de reacción avanza, va transformando el combustible en cenizas y combustible carbonizado, creando dos regiones claramente diferenciadas por sus propiedades de conductividad, convección y radiación; marca, pues, la división entre una región compuesta mayoritariamente por combustible y otra compuesta mayoritariamente por fracciones de ceniza y combustible carbonizado (Rein *et al*, 2002). En el Anexo 9 se encuentra el comportamiento detallado de cada una de las muestras frente al progresivo aumento de temperatura.

Tres de las muestras (ver Anexo 9, valores marcados), no presentaron las líneas incandescentes. La temperatura registrada corresponde al momento en que mostraron un comportamiento similar a la “ignición”, es decir el repentino incremento de la emisión gases y una rápida y visible descomposición de la muestra. Es notable que estas se encuentren entre las que mejor resistieron la acción del calor. Una de ellas, proveniente del árbol 3 del nivel altitudinal Bajo (3B) fue sometida a un incremento mayor de temperatura, convirtiéndose en cenizas a los 458° C. En ninguna de las muestras el kapok produjo llama.

El comportamiento del kapok es afín al descrito en la revisión bibliográfica como combustión latente. Las anomalías presentadas en algunas muestras (la demora o no aparición de un frente de reacción, la emisión de humo retrasada hasta el momento mismo de la ignición; ver Anexo 9) pueden deberse a que en estos casos se desarrolló una descomposición endotérmica de las fibras (pirolisis). Esto pudo suceder por una variación en el suministro de oxígeno, que es lo que determina la reacción de combustión. Es necesario recordar que la combustión latente es un proceso complejo donde los transportes de calor y masa compiten por llevar la reacción por diferentes caminos, los cuales pueden ser la oxidación, la extinción, etc. (Rein *et al*, 2002).

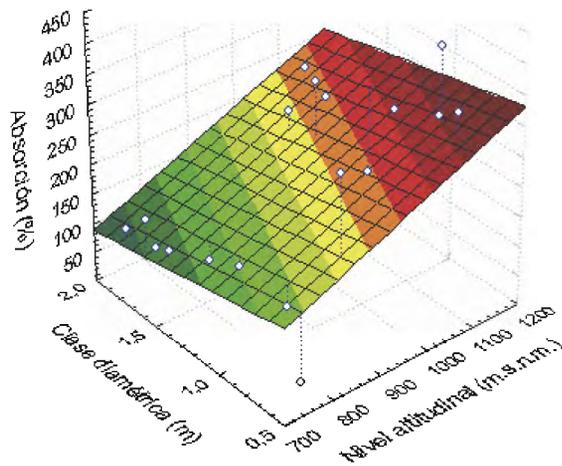
La convección y la radiación del calor son dos fenómenos muy influyentes en la combustión latente. La conducción, en cambio, no juega un papel importante, ya que los materiales porosos tienen baja conductividad. La velocidad de propagación no varía considerablemente con el tamaño de los poros del material, pero la distribución del calor es más uniforme cuando los poros son mayores (Rein *et al*, 2002). En suma, pequeñas diferencias en las densidades de las muestras pudieron decretar variaciones en la distribución del calor en el interior del kapok y,

por ello, provocar las diferencias observadas entre las muestras al ser ensayada su inflamabilidad.

A modo de comparación, se menciona que el algodón comienza a descomponerse en el aire a 288° C, mientras que el kapok inicia la descomposición térmica entre 224 y 262° C, y produce ignición de 264 a 318 ° C. Por último, el punto de ignición del papel es aproximadamente 230° C.

#### 4.1.7 ABSORCIÓN

El análisis estadístico (ANVA) encontró una influencia altamente significativa sobre la absorción de las fibras por parte del nivel altitudinal ( $P = 0,0083$ ). No sucedió lo mismo con la clase diamétrica ( $P = 0,2227$ ) y la interacción de ambas variables ( $P = 0,8851$ ), que resultaron ser no significativas. En la Figura 18 se muestra la variación de los valores de absorción en función de la clase diamétrica y el nivel altitudinal.



**Figura 18** Variación de absorción en función de altitud y diámetro

La prueba de Tukey demostró que hay diferencias significativas entre la absorción media de los niveles altitudinales Alto y Bajo. Sin embargo, no encontró diferencias significativas entre las medias de las tres clases diamétricas. Se comprobó que sólo una de las variables tuvo influencia sobre la absorción.

La influencia que ejerce el nivel altitudinal sobre la absorción podría estar relacionada, además de los posibles beneficios climáticos para la especie, con otros factores no considerados inicialmente, los cuales se exponen líneas abajo.

Este ensayo se realizó siguiendo el procedimiento especificado en la norma técnica UNE-EN 13543:2002 “Artículos rellenos fabricados de pluma y plumón: medición de la absorción de agua del material de relleno” (ver Anexo 14). Esta norma se basa en medir la capacidad de absorción del material, que es la masa de agua en un espécimen saturado expresada como porcentaje de la masa inicial del espécimen. Se da como supuesto que los especímenes han de alcanzar masa constante (cuando entre una medida y otra haya una diferencia igual o menor a 1/10 del peso original del espécimen), es decir, que lleguen a la saturación<sup>6</sup>. Sin embargo, el comportamiento del kapok al forzarse su inmersión en agua no se adecuó al procedimiento de la norma. De los 72 especímenes ensayados (4 por cada uno de los 18 árboles de colección) solamente 3 alcanzaron masa constante, todos provenientes de fibras de un mismo árbol (3B)<sup>7</sup>. Tal inconveniente pudo deberse a que la norma ha sido diseñada para ensayar un material proteínico, no celulósico como el kapok.

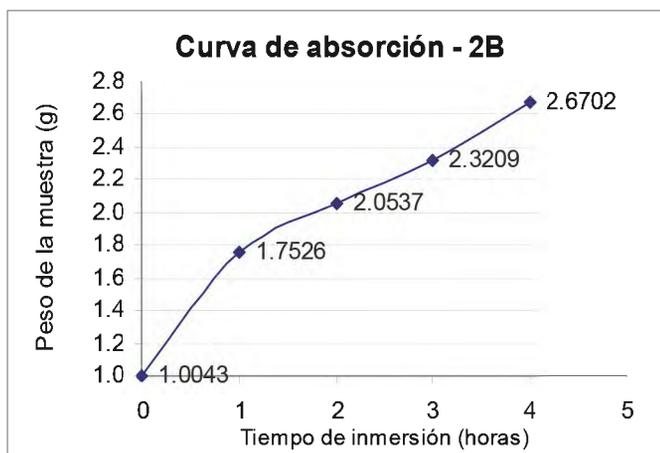
Puesto que el kapok reaccionó a la inmersión de una forma imprevista, se añadieron dos procedimientos para complementar el análisis. Al declararse finalizado cada ensayo, se procedió al centrifugado de los especímenes, durante 5 minutos, a 4 000 r.p.m; de este modo se calculó el porcentaje de agua libre que se encuentra en las fibras una vez terminada la inmersión. Posteriormente, se elaboraron gráficos de peso promedio de los especímenes versus

---

<sup>6</sup> Por el bajo peso del kapok se redujo el peso especificado en la norma (10 g) a 1 g. Por la misma razón se añadió el pesado de los especímenes tanto dentro como fuera de la bolsa, para evitar que la absorción de esta última cause alteraciones en los resultados.

<sup>7</sup> En los ensayos correspondientes a otros dos árboles (4A y 9B), hubo un momento en que uno de sus especímenes dio masa constante. Al tratarse de uno solo, se continuó con el procedimiento para los cuatro especímenes, y todos continuaron nuevamente absorbiendo agua. Esto sucedió también en 2 especímenes del árbol 8B, presentando uno de ellos la aparente masa constante a la segunda hora de inmersión, y otro al declararse finalizado el ensayo.

horas de inmersión, para el kapok de cada uno de los árboles de colección. La Figura 19 es un ejemplo de los gráficos generados; la totalidad de los mismos se encuentran en el Anexo 10.



**Figura 19** Curva de absorción del árbol 2 del nivel altitudinal Bajo (2B)

En este ensayo se hizo presente la actuación del grado de deterioro del kapok como importante variable exógena, ya que si éste se encuentra en mal estado podría ser susceptible de sufrir una mayor ruptura de sus fibras. El agua penetra lentamente en los lúmenes de las fibras rotas; a esto se debe el comportamiento de varias de las muestras, cuyas curvas de absorción, en vez de estabilizarse al avanzar el tiempo, cambiaban continuamente de pendiente (ver Anexo 10).

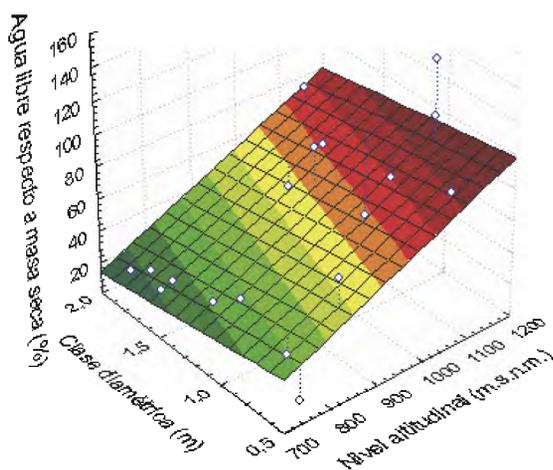
En la Figura 18 se observa que el grupo que presenta valores de absorción más altos es la clase diamétrica 1 del nivel altitudinal Alto, cuyas fibras tenían el mayor grado de deterioro (la evaluación cualitativa de todas las muestras se encuentra en el Anexo 18).

Hay dos evidencias adicionales acerca de la influencia del estado del kapok sobre la absorción: al ensayar el proveniente del árbol 9 del nivel altitudinal Alto (9A), se prepararon dos muestras de fibra en buen estado y dos de fibra deteriorada. La diferencia es notable: 135 % y 130 % de aumento de masa tras 4 horas de inmersión, para la primera, y 330 % y 435 %, para la segunda. En el caso del kapok proveniente del árbol 3 del nivel altitudinal Bajo (3B), que fue el único que alcanzó peso constante, se ensayaron dos muestras de fibra totalmente blanca y dos de fibra ligeramente amarillenta. Los resultados fueron 44 % y 40 % de aumento de masa, para

la primera, y 62 % y 92 %, para la segunda; este último espécimen no alcanzó el peso constante al declararse terminado el ensayo. Aunque las diferencias aquí son mucho menores, permiten tener una idea de los factores que influyen la absorción.

El grado de deterioro se ve favorecido por una insuficiente maduración del fruto al momento de la cosecha, que es el caso de los dos últimos especímenes del árbol 9A. La secreción saviosa de las cubiertas del fruto, al no haberse secado totalmente, pudo contribuir a dañar el kapok. El color ligeramente amarillento en dos especímenes del árbol 3B podría evidenciar que la capa de cera que recubre a las fibras no se ha desarrollado por completo, dejando expuesta las paredes celulósicas al agua; este desarrollo incompleto tendría que ver con la maduración del fruto. A esto parece estar ligada la influencia que ejerce el nivel altitudinal sobre la absorción, pues, como ya se ha explicado, el clima del nivel altitudinal Bajo podría producir una maduración adecuada.

En la Figura 20 se aprecia como una importante proporción de la absorción corresponde a agua libre. Estos porcentajes deben corresponder al agua que se introdujo en los espacios entre las fibras, pero es dudoso que involucre también a aquella que invadió los lúmenes, ya que la centrifugación realizada no tuvo la fuerza suficiente para extraerla.



**Figura 20** Variación de agua libre en función de altitud y diámetro

Este ensayo tuvo una fuente adicional de variabilidad, que fue la cantidad de horas de remojo. Ya que el ensayo debía alternar 1 hora bajo el agua con 30 minutos de secado, se estableció en 4 el número de horas de inmersión. Este tiempo se mantuvo como constante, salvo en el caso de los especímenes del árbol 3B, que alcanzó masa constante a las 3 horas. Sin embargo, en los últimos ensayos, circunstancias ajenas al experimento obligaron a finalizar el procedimiento de las muestras 7B y 8B al cabo de 3 horas de remojo. Finalmente, con la muestra 9B se intentó probar si aumentando a 5 las horas de inmersión las curvas tenderían a estabilizarse, pero esto no sucedió. Sin embargo, todos estos cambios no parecen haber influido en los valores promedio de absorción.

A pesar de los altos valores de absorción en muestras en inmersión forzada, el kapok es un material extraordinariamente repelente a los líquidos. Esto se hizo evidente cuando se intentó caracterizar, a través de reactivos, su composición química. La gota del reactivo resbaló por las superficies de las fibras sin penetrarlas, y quedó literalmente suspendida en el aire, apenas en contacto con unas cuantas fibras. Además de tener una alta flotabilidad, también se seca fácilmente.

## **5. CONCLUSIONES**

- 1) El rendimiento de fibras no se encuentra influenciado por la clase diamétrica y el nivel altitudinal.
- 2) La longitud de mecha del kapok está influenciada por el nivel altitudinal. Las mayores longitudes provinieron de árboles del nivel altitudinal Bajo.
- 3) Se encontró influencia de la clase diamétrica sobre la longitud de mecha. Las mayores longitudes se obtuvieron de los árboles de la clase diamétrica 2.
- 4) El diámetro de las fibras no se encuentra influenciado por la clase diamétrica y el nivel altitudinal.
- 5) La tensión de ruptura de fibras individuales se encuentra influenciada por el nivel altitudinal. Las fibras más resistentes provinieron de árboles del nivel altitudinal Bajo.
- 6) La inflamabilidad de las fibras no se encuentra influenciada por la clase diamétrica y el nivel altitudinal.
- 7) La absorción de agua del kapok se encuentra influenciada por el nivel altitudinal. La fibra más absorbente provino del nivel altitudinal Alto.

## 6. **RECOMENDACIONES**

- 1) Estudiar la conductividad térmica de la fibra, ya que es posible aprovechar su cualidad de aislante de origen natural. Debe encontrarse un método aplicable que de como resultado valores absolutos de conductividad térmica.
- 2) Estudiar la densidad del kapok según la presión y su potencial de relleno.
- 3) Evaluar la capacidad del kapok de *Ceiba trichistandra* para absorber sustancias oleosas.
- 4) Estudiar la composición química del aceite de las semillas de *Ceiba trichistandra* y su posible aplicación industrial.
- 5) Elaborar parámetros sencillos para evaluar el kapok cosechado, a fin de que sea debidamente clasificado según calidades. Uno de estos parámetros podría ser la longitud de mecha.
- 6) Hacer estudios de productividad de kapok por hectárea, según la densidad del ceibal.
- 7) Promover al ceibo como especie agroforestal entre los agricultores del noroeste del país, ya que puede ser una fuente adicional de recursos para muchas personas pobres. Debe haber capacitación acerca de su manejo para evitar las dificultades que plantea la cosecha de árboles gigantes, así como el posible deterioro del kapok.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alomar, D.; Tadich, N.; Jiménez, V.; Gallo, C. 1997. Efecto de un programa básico de salud ovina sobre la producción de lana en rebaños pequeños de la provincia de Valdivia. *Archivo de medicina veterinaria* 29(2): 295-299.
- Bates, H.; Osborn, J. 1961. Algodón. México, DF. UTEHA. p. 435-459.
- Bisanda, ETN; Mwaikambo, LY. 1997. Potential of kapok fibre as a substitute of cotton in textiles. *The journal of agriculture, science and technology of the Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology* 1(1). Sólo resumen.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR. (CATIE). 2003. *Ceiba pentandra*. In *Árboles de Centroamérica*. [En línea]. Turrialba, CR. Consultado Ago. 2007. Formato PDF. Disponible en URL <http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/manual/manuespecies.asp>
- China-Rivera, JD. 1990. *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn: ceiba, kapok, silk-cotton tree. [En línea]. New Orleans, USA. USDA, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p. Consultado Ab. 2006. Formato PDF. Disponible en URL [www.fs.fed.us/global/iitf/Ceibapentandra.pdf](http://www.fs.fed.us/global/iitf/Ceibapentandra.pdf).
- Columbia University Press. 2006. *The Columbia Electronic Encyclopedia*. [En línea]. 6 ed. Consultado Jun. 2006. Disponible en URL [www.infoplease.com/ce6/sci/A0827049.html](http://www.infoplease.com/ce6/sci/A0827049.html).
- Comunidad Andina-Secretaría General. 2001. Informe de la cuarta reunión de expertos gubernamentales en Nandina del Comité Andino de Asuntos Aduaneros. [En línea]. Lima, PE. Consultado Oct. 2006. Disponible en URL [http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/DFinales/SGREG\\_N\\_CAAA\\_IV\\_INFORME.doc](http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/DFinales/SGREG_N_CAAA_IV_INFORME.doc)
- Cotton Incorporated. 2007. Algodón para productos no tejidos: una guía técnica [En línea]. Consultado Ago. 2007. Disponible en URL [http://es.cottoninc.com/NonWovens\\_es/CottonNonwovens\\_es/](http://es.cottoninc.com/NonWovens_es/CottonNonwovens_es/)

- DarwinNet, información para la conservación de los bosques secos de Perú y Ecuador. 2005. Los bosques secos ecuatoriales de Perú y Ecuador: especie del mes *Ceiba trichistandra* (A. Gray) Bakh ceibo. [En línea]. CONAM, INRENA, Birdlife International, Ministerio del Ambiente-EC, Darwin Initiative. Consultado Jul. 2006. Disponible en URL [www.darwinnet.org/e\\_mes\\_5.htm](http://www.darwinnet.org/e_mes_5.htm).
- Delgado Viera, R. 2005. Tema 29: propiedades de los materiales, técnicas de medida y ensayo de los materiales. In Tecnología: volumen II. Sevilla, ES. Editorial MAD. 37 p. (Serie Profesores de enseñanza secundaria: temario para la preparación de oposiciones).
- Elvira, M.; Jacob, M. 2004. Importancia de las mediciones objetivas en la comercialización e industrialización de la lana. [En línea] Carpeta técnica INTA EEA Esquel Oct 2004. Consultado Jun. 2007. Disponible en URL [http://www.inta.gov.ar/esquel/info/documentos/ animal/ovinos11.htm](http://www.inta.gov.ar/esquel/info/documentos/animal/ovinos11.htm)
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1994. Definition and classification of commodities: fibres of vegetal and animal origin. [En línea]. Consultado Ab. 2006. Disponible en URL [www.fao.org/es/faodef/fdef09e.htm](http://www.fao.org/es/faodef/fdef09e.htm).
- \_\_\_\_\_ 1995. Trade restrictions affecting international trade in non-wood forest products. [En línea]. Roma, IT. 46 p. (Serie Non-wood forest products no. 8). Consultado Nov. 2006. Disponible en [www.fao.org/docrep/V9631E/ V9631e04.htm](http://www.fao.org/docrep/V9631E/V9631e04.htm).
- Fundación para el Desarrollo de la Región Nororiental (FUNDENOR). 2005. Conservación de bosques relictos y de especies en peligro en la microcuenca del río Nanchoc-Zaña, Lambayeque. Ed. CA Paredes. Chiclayo, PE. 104 p.
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V (GDV). 2006. Transport Information Service, cargo loss prevention information from German marine insurers: kapok. [En línea]. Berlín, ALE. Consultado Ab. 2006. Disponible en URL [www.tis-gdv.de/ tis\\_e/ware/fasern/kapok/kapok.htm](http://www.tis-gdv.de/tis_e/ware/fasern/kapok/kapok.htm).
- Hollen, N.; Saddler, J.; Langford, A. 1979. Textiles. 5 ed. New York, USA. Macmillan. p. 4-17.

- Hori, K.; Flavier, M.; Kuga, S.; Lam, TBT.; Iiyama, K. 2000. Excellent oil absorbent kapok [*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.] fiber: fiber structure, chemical characteristics, and application. *Journal of Wood Science* 46(5) Sep. 2000. Sólo resumen.
- Instituto Geográfico Nacional (IGN). 1977. Carta Nacional. Lima, PE. Esc 1 :100 000. Hoja 14-e. Color.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2006. Clasificación Nacional de Actividades Económicas del Perú ClaNaE – Perú: segundo documento preliminar. Lima. Dirección Nacional de Cuentas Nacionales. 429 p.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales-Dirección General Forestal (INRENA-DGF). 1996. Guía explicativa del Mapa Forestal del Perú 1995. Lima, PE. 131 p.
- Maiti Maiti, R. 1995. Fibras vegetales en el mundo: aspectos botánicos, calidad y utilidad. México, DF. Editorial Trillas. 300 p.
- Manohar, K.; Ramlakhan, D.; Kochhar, G.; Haldar, S. 2006. Biodegradable fibrous thermal insulation. [En línea]. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* 28(1): 45-47. Consultado Ene. 2007. Disponible en URL [www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-58782006000100005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-58782006000100005&script=sci_arttext)
- Martínez Ferreira, M. 2007. Los incendios. [En línea]. COL. Ed. C. López. Disponible en URL [www.gestiopolis.com/recursos4/docs/ger/seguindustri.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos4/docs/ger/seguindustri.htm) GestioPolis.com
- Meyer-Hosen Ag. 2007 Kapok 10 % lighter. [En línea]. Denklingen, ALE. Consultado Ago. 2007. Formato PDF. Disponible en URL [www.meyer-hosen.com/assets/kapok/Kapok\\_Folder\\_165x165\\_5c\\_SP.indd.pdf](http://www.meyer-hosen.com/assets/kapok/Kapok_Folder_165x165_5c_SP.indd.pdf)
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). 1976. Guía explicativa del Mapa Ecológico del Perú. Lima. 55 p.
- \_\_\_\_\_ 1981. Mapa de capacidad de uso mayor de las tierras del Perú. Lima. Esc. 1: 1 000 000. Color.
- Olympus Microscopy Resource Center. 2006. Fluorescence microscopy image gallery: kapok fiber. [En línea]. Olympus America. Consultado May. 2006. Disponible en URL [www.olympusmicro.com/primer/techniques/fluorescence/gallery/kapokfiber.html](http://www.olympusmicro.com/primer/techniques/fluorescence/gallery/kapokfiber.html).

- Otovo, J. 1998. Un sistema sostenible de aprovechamiento del bosque seco: productos no maderables. In Bosques secos y desertificación-memorias del seminario internacional. Lambayeque, PE. MINAG-Proyecto Algarrobo, Embajada Real de los Países Bajos, FIDA-Roma. p. 107-112.
- Pérez López, O. 2001. Cinética y extracción de colorantes naturales para la industria textil. Tesis Ing. Quím. Puebla, MX. UDLA.
- Polanco, V. 2005. Efecto de la fecha de esquila sobre características de interés comercial en lanas finas. Buenos Aires, AR. Dpto. de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 49 p.
- Quintana, S. 2002. Elaboración y evaluación físico-mecánica de tableros de fibra de residuos del aserrío de tres especies forestales del CIEFOR-Puerto Almendra. Tesis Ing. For. Iquitos, PE. UNAP.
- Rein, G.; Torero, JL.; Ellzey, J. 2002. Numerical study of forward smoldering combustion. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería 18 (4): 459-474.
- Reynel, C.; Pennington, R.; Pennington, T.; Flores, C.; Daza, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonía Peruana. Lima. Darwin Initiative, ICRAF, Tarea gráfica educativa. 509 p.
- Sacchero, D. 2004 Medidas objetivas adicionales. [En línea] Bariloche, AR. INTA. Consultado Ene. 2007. Formato PDF. Disponible en URL [www.prolana.com.ar/nuevo/info/tecnica/Medidas%20Objetivas%20Adicionales.pdf](http://www.prolana.com.ar/nuevo/info/tecnica/Medidas%20Objetivas%20Adicionales.pdf)
- Shawyer, M.; Medina Pizzali, AF. 2005. El uso de hielo en pequeñas embarcaciones de pesca. Roma, IT. FAO. 120 p. (Documento Técnico de Pesca. No. 436).
- Sistema Integral de Información de Comercio Exterior (SIICEX); Confederación de Asociaciones de Agentes de Aduanas de la República Mexicana (CAAAREM). 2005. Tarifa de la ley de impuestos generales de importación y de exportación: notas explicativas. [En línea]. México, DF. Consultado Sep. 2007. Disponible en URL <http://alterno.aadam.com.mx:8080/CAAAREM/Tarifav9.nsf/3735f97e5f4dc755862568f700505440/69c89368b28c50cd862568f8004fdb9?OpenDocument>

- Soukup, J. 1974. Las bombacáceas del Perú, sus géneros y lista de especies. *Biota X Ene.* 1974: 1-9.
- Stamm, AJ. 1964. *Wood and cellulose science.* New York, USA. The Ronald Press Co. p. 283-293.
- Tamayo, F. 1939. *Las lanas vegetales de Venezuela.* Caracas, VE. Dpto. de Fitopatología y Botánica de la estación experimental El Valla. 6 p.
- United Nations Statistics Division. 1986. *Standard international trade classification, revision 3.* [En línea] Consultado Sep. 2007. Disponible en URL <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcs.asp?Cl=14&Lg=3&Co=292.92>
- Vásquez-Yanes, C.; Batis Muñoz, AI.; Alcocer Silva, MI.; Gual Díaz, M.; Sánchez Dirzo, C. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación: reporte técnico del proyecto J084. México, DF. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.
- Velásquez, J.; Toro, ME.; Rojas, L.; Encinas, O. 2006. Actividad antifúngica *in vitro* de los extractivos naturales de especies latifoliadas de la Guayana venezolana. *Madera y Bosques* 12(1): 51-61.

# ANEXO 1

## CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE EN ESTUDIO



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES: FAX: 349-2041, TEF: 349-5647 / 349-5669, Anexo .203  
/ 244, APDO. 12 -056 LA MOLINA LIMA PERU



## CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA

A solicitud del Sr. Alonso Pablo Castro Revilla, se proporciona la identidad de los especímenes indicados, los cuales se hallan depositados en el Herbario Forestal (MOL), con la sigla consignada.

Lugar de colección : Cuenca Nancho-Zaña  
Distrito : Bolivar  
Provincia : San Miguel  
Departamento : Cajamarca

SIGLA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA
001-ACR	<i>Ceiba trichistandra</i> (A. Gray) Bakhuisen	.....	BOMBACACEAE
002-ACR	<i>Ceiba insignis</i> (H.B.K.) Gibbs & Semir	.....	BOMBACACEAE



Determinador :

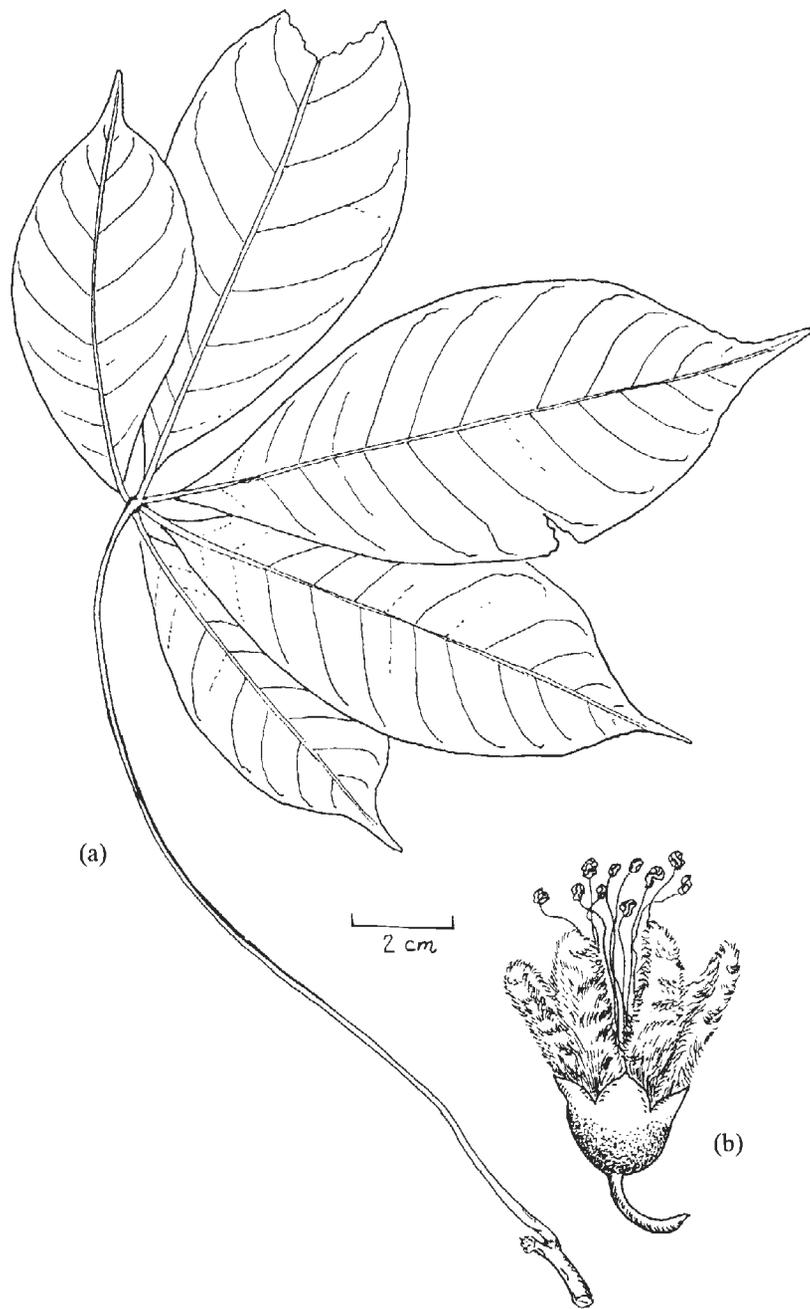
**Carlos Reynel Rodríguez Ph. D.**  
Profesor Principal Dpto. Manejo Forestal  
Director del Laboratorio de Dendrología  
Y Herbario Forestal UNALM (MOL)

La Molina, 22 de agosto de 2007

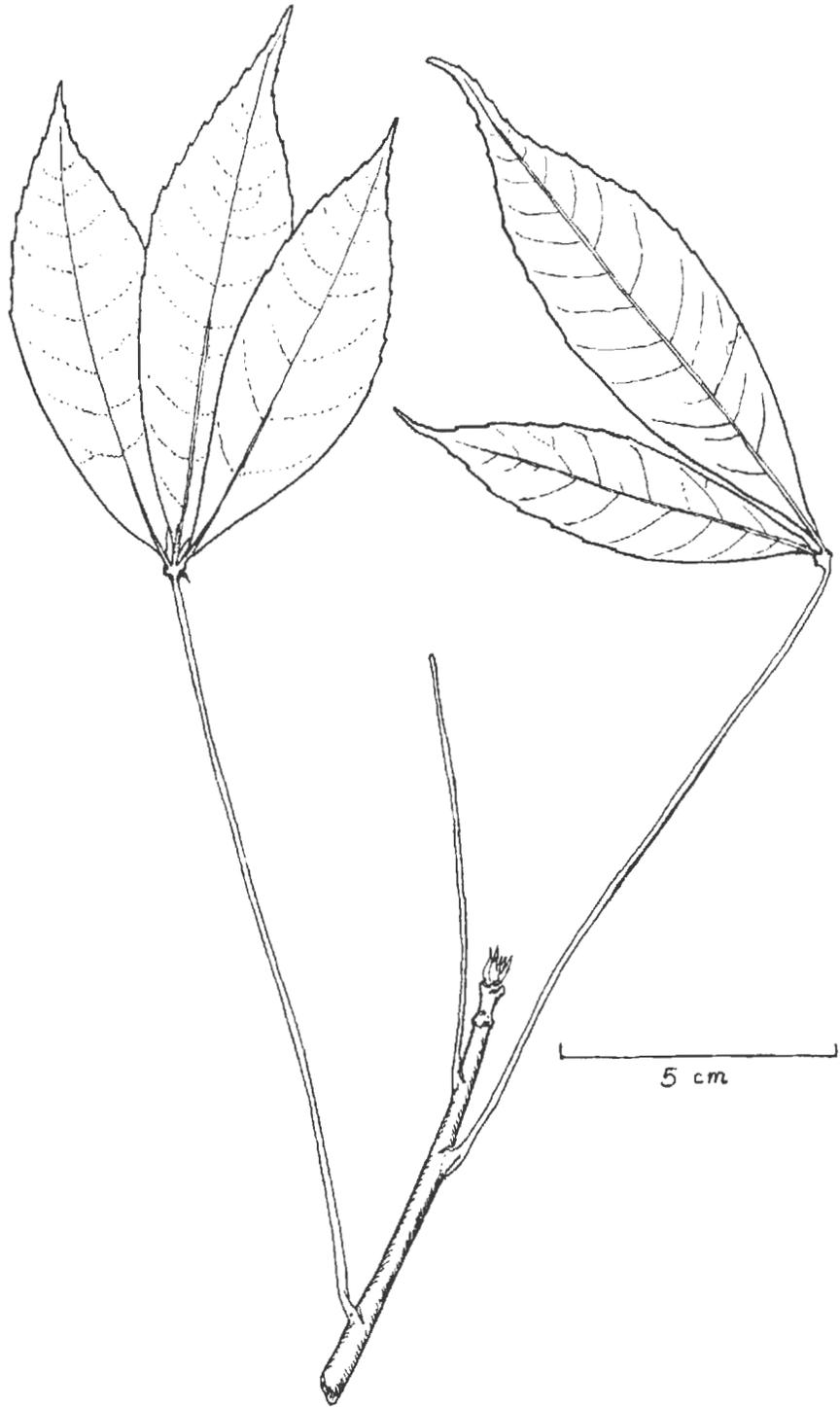
\* ROGAMOS A LOS USUARIOS DE LOS SERVICIOS DEL HERBARIO FORESTAL (MOL) TENER ESPECIAL CUIDADO EN TRANSCRIBIR CORRECTAMENTE LOS NOMBRES PROPORCIONADOS

## ANEXO 2

### DIBUJOS DE LAS MUESTRAS BOTÁNICAS



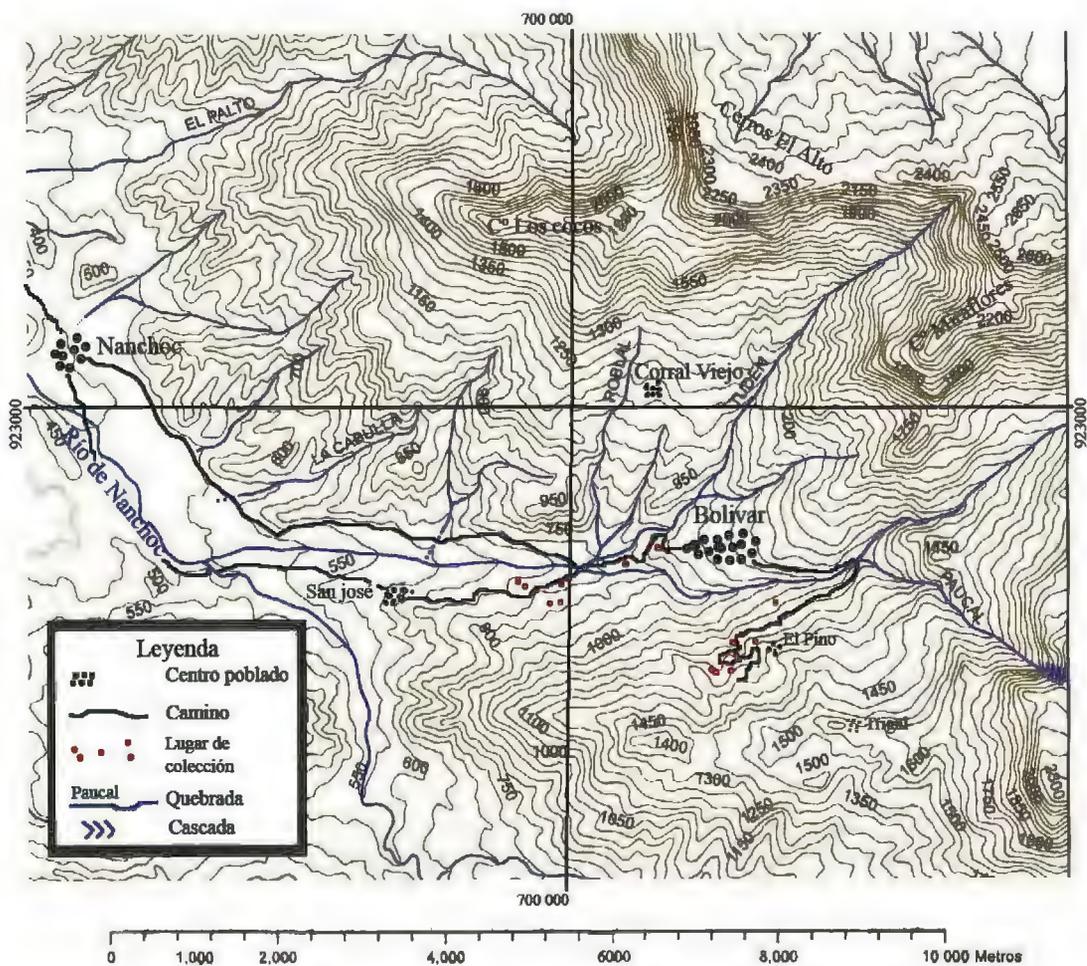
*Ceiba trichistandra*: a) Hoja; b) Flor



*Ceiba insignis*

# ANEXO 3

## MAPA DE BOLÍVAR



## ANEXO 4

### CLASIFICACIÓN DE LOS INDIVIDUOS DE COLECCIÓN SEGÚN LAS VARIABLES INDEPENDIENTES DEL ESTUDIO

<i>Nivel altitudinal</i>	<i>Clase diamétrica</i>	<i>Código del individuo de colección</i>	<i>Observaciones del terreno</i>
Alto: 900 -1200 m.s.n.m.	cd 1 [0.5 - 1] m	3A	Borde de acantilado. A menos de 1 m hay otro individuo, no colectado
		7A	Bosque cerrado. Pendiente alta
		9A	Bosque cerrado, próximo a acantilado rocoso
	cd 2 <1 - 1,5] m	2A	Quebrada
		4A	Zona abierta, escasa pendiente
		5A	Zona abierta, escasa pendiente
	cd 3 <1.5 - 2] m	1A	Próximo a predio agrícola (zona rozada)
		6A	Bosque cerrado, pendiente alta
		8A	Bosque cerrado
Bajo: 700 - 900 m.s.n.m.	cd 1 [0.5 - 1] m	1B	Borde de acantilado que da al cauce del río
		3B	Zona abierta, escasa pendiente
		6B	Borde de la carretera. Erosión
	cd 2 <1 - 1,5] m	4B	Zona abierta, escasa pendiente.
		8B	Matorral. Escasa pendiente
		9B	Matorral. Escasa pendiente
	cd 3 <1.5 - 2] m	2B	Junto a vivienda
		5B	Zona abierta, escasa pendiente
		7B	Predio privado con bosque cerrado, próximo al río

## ANEXO 5

### DATOS ORIGINALES DEL ENSAYO DE RENDIMIENTO

Código	Peso fruto abierto (g)	Peso copo recién extraído (g)	Peso fibra seca al aire (g)	Rendimiento de fibras (%)	Rendimiento en copo al ser extraído (%)	Dimensiones	
						Longitud	Ancho
1A	95.9	62.5	6.5	6.78	10,40	16	6.5
	111.2	79.5	10.13	9.11	12.74	16	5.7
	101.4	68.6	7.81	7.70	11.38	16	6.1
Promedio	102.83	70.20	8.15	7.86	11,51	16.00	6.10
2A	92.5	61.5	14	15.14	22.76	12.3	6
	141.7	99.7	15.4	10.87	15.45	14	6.3
	141.2	89.3	17.4	12.32	19.48	14.2	6.5
Promedio	125.13	83.50	15.60	12.78	19.23	13.50	6.27
3A	165.2	105.6	5.1	3.09	4.83	13	6
	123.4	70.75	7.5	6.08	10.60	12.3	5.7
Promedio	144.30	88.18	6.30	4.58	7.72	12.65	5.85
4A	190.1	82.7	7.3	3.84	8.83	16	6.3
	145.8	64.7	4.35	2.98	6.72	14	5.6
Promedio	167.95	73.70	5.83	3.41	7.78	15.00	5.95
5A	176.6	115.4	10.83	6.13	9.38	16.2	6
6A	161.8	74.3	5.3	3.28	7.13	17	6.2
	132.1	73.7	10.6	8.02	14.38	16.2	6.1
	82.3	29.7	3.65	4.43	12.29	12.9	5
	94.4	48.5	7.3	7.73	15,05	14	5.5
Promedio	117.65	56.55	6.71	5.87	12.21	15.03	5.70
7A	142.5	102.1	6	4.21	5.88	12.5	6
	94.8	61.5	8.1	8.54	13,17	10.5	6.5
	82	50.4	4.9	5.98	9.72	10	5
Promedio	106.43	71.33	6.33	6.24	9.59	11.00	5.83
8A	93.4	61	5.8	6.21	9.51	14.1	6
9A	50.8	36.2	4.15	8.17	11.46	10.5	4.4
	71	50.05	3.8	5.35	7.59	13.4	4.6
	44.9	31.8	3.1	6.90	9.75	10.7	4
	72.7	52.4	5	6.88	9.54	12.5	5
	47.3	33.6	4.2	8.88	12.50	11	4.5
Promedio	57.34	40.81	4.05	7.24	10.17	11.62	4.50

Código	Peso fruto abierto (g)	Peso copo recién extraído (g)	Peso fibra seca al aire (g)	Rendimiento de fibras(%)	Rendimiento en copo al ser extraído (%)	Dimensiones	
						Longitud	Ancho
1B	120.5	71	9	7.47	12.68	15	6.5
	117.8	74.5	11.8	10.02	15.84	15	5.8
	113.7	62.5	5.35	4.71	8.56	14.5	5.6
	84.35	57.05	10.95	12.98	19.19	14	5
	77.4	49.6	6.85	8.85	13.81	14	5
Promedio	102.75	62.93	8.79	8.8	14.02	14.5	5.58
2B	151.4	57.1	13.9	9.18	24.34	15	6
	136.5	47.6	12.3	9.01	25.84	15	6.5
	108.8	21.9	6.2	5.7	28.31	15.5	5.7
Promedio	132.23	42.2	10.8	7.96	26.16	15.17	6.07
3B	173.6	90.4	23.2	13.36	25.66	18.3	6.8
	173.1	83.1	18.8	10.86	22.62	15	6.5
	148.9	74.2	18.4	12.36	24.80	15.5	6.5
	169.3	66.8	16.45	9.72	24.63	13.3	6.7
	191.2	94.9	19.8	10.36	20.86	15.5	7.7
	196.5	91.5	22.1	11.25	24.15	17.4	6.7
	116.2	59.1	14.6	12.56	24.70	12.5	6.5
	152.4	69.3	14.3	9.38	20.63	13	6.5
	233.3	101.9	26.55	11.38	26.05	16.5	7.5
147.7	55.6	14.94	10.12	26.87	12.3	6.8	
Promedio	170.22	78.68	18.91	11.13	24.10	14.93	6.82
4B	111	69.9	14.93	13.45	21.36	12	5.3
	82.8	53.7	5.24	6.33	9.76	9	6.5
	137.7	89	13.99	10.16	15.72	12	6.5
	139.7	81.9	7.3	5.23	8.91	14.2	6.7
Promedio	117.8	73.63	10.37	8.79	13.94	11.8	6.25
5B	80.6	56	9	11.17	16.07	9.5	6
	105.5	72.8	6.1	5.78	8.38	14.5	6
	95	57.1	6.5	6.84	11.38	13.5	5.5
Promedio	93.7	61.97	7.2	7.93	11.94	12.5	5.83
6B	152.8	91.8	12.39	8.11	13.50	15	6
	130	84	11.1	8.54	13.21	16	6.5
Promedio	141.4	87.9	11.75	8.32	13.36	15.5	6.25
7B	146.9	100.1	10.2	6.94	10.19	16.5	5.5
	101.1	69	8.1	8.01	11.74	13.7	6
	106.1	70.9	17.6	16.59	24.82	13.4	6
Promedio	118.03	80	11.97	10.51	15.58	14.53	5.83

Código	Peso fruto abierto (g)	Peso copo recién extraído (g)	Peso fibra seca al aire (g)	Rendimiento de fibras(%)	Rendimiento en copo al ser extraído (%)	Dimensiones	
						Longitud	Ancho
8B	201.4	126.4	20.3	10.08	16.06	14	6.6
	208.6	117.8	15	7.19	12.73	16	7
	185.9	102.1	15.15	8.15	14.84	14.3	6.3
Promedio	198.63	115.43	16.82	8.47	14.54	14.77	6.63
9B	320	173.4	19.3	6.03	11.13	18.5	7
	318.4	154.5	21.5	6.75	13.92	19	6.8
	298	155.9	26.2	8.79	16.81	20	6.6
	260.15	143.7	18.55	7.13	12.91	17.5	6.5
	285.6	150.4	24.6	8.61	16.36	18.3	7
	319.1	163.4	16.8	5.26	10.28	18.5	7.5
	282.1	144.8	16.55	5.87	11.43	17.5	7
	284.5	142.3	18.7	6.57	13.14	19	7
Promedio	295.98	153.55	20.28	6.88	13.25	18.54	6.93

**DATOS ORIGINALES DE PORCENTAJE DE HUMEDAD EN COPOS Y RENDIMIENTO EN COPO EN BASE SECA**

Código	Peso copo recién extraído (g)	Peso copo seco (g)	% de humedad en copo	Peso fibra seca al aire (g)	Rendimiento en copo (base seca) (%)
3B	90.4	49.8	44.91	23.2	46.59
	83.1	38.1	54.19	18.8	49.38
	74.2	33.5	54.85	18.4	54.93
	66.8	32.6	51.20	16.45	50.46
	94.9	40.5	57.38	19.8	48.95
	91.5	43.7	52.24	22.1	50.57
	59.1	28.6	51.69	14.6	51.14
	69.3	31.4	54.69	14.3	45.54
8B	126.4	33.2	73.73	20.3	61.14
	117.8	27.2	76.91	15	55.15
Promedio	87.4	35.8	57.18	18.30	51.38

## ANEXO 6

### DATOS ORIGINALES DE LONGITUD DE MECHA

Cód	Fibra de la mecha	Lecturas (mm)										Promedio (mm)	Promedio mecha normal (mm)
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10		
1A	Normal	36	37	39	42	38	37	38	34	39	33	37.3	32.35
		24	32	30	30	30	27	24	19	28	30	27.4	
	Corta	13	11	12	10	15	14	10	10	11	12	11.8	
2A	Normal	39	39	37	40	39	41	37	37	36	35	38	34.05
		35	24	34	30	33	23	23	33	34	32	30.1	
3A	Normal	27	25	25	25	27	26	24	23	24	22	24.8	21.65
		21	18	20	17	13	16	18	20	20	22	18.5	
	Corta	9	10	9	18	15	6	11	11	10	9	10.8	
4A	Normal	31	26	26	25	28	27	26	25	26	26	26.6	24.85
		25	21	19	26	23	24	21	24	24	24	23.1	
	Corta	10	8	12	10	12	9	10	9	10	11	10.1	
5A	Normal	29	29	29	27	28	27	30	27	26	26	27.8	24.9
		24	24	23	20	22	21	23	20	20	23	22	
	Corta	13	10	13	14	11	11	11	13	10	11	11.7	
6A	Normal	30	32	31	28	27	28	28	28	26	25	28.3	24.65
		25	20	20	21	24	20	15	19	22	24	21	
	Corta	9	10	12	9	11	10	10	9	10	9	9.9	
7A	Normal	28	30	29	28	28	26	24	22	22	22	25.9	22.3
		15	21	20	23	13	19	17	19	19	21	18.7	
	Corta	9	16	13	8	12	12	14	11	9	9	11.3	
8A	Normal	25	22	24	25	21	20	23	19	21	24	22.4	20.3
		18	20	19	17	20	16	17	16	19	20	18.2	
9A	Normal	26	26	25	28	24	20	21	20	21	22	23.3	20.95
		19	17	19	19	22	17	15	21	20	17	18.6	
	Corta	8	11	9	10	10	10	12	13	9	10	10.2	

Cód	Fibra de la mecha	Lecturas (mm)										Promedio (mm)	Promedio mecha normal (mm)
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10		
1B	Normal	30	33	34	32	34	30	32	33	32	29	31.9	29.15
		29	26	29	29	21	28	30	26	26	20	26.4	
	Corta	7	12	13	11	13	15	12	9	10	10	11.2	
2B	Normal	33	30	33	30	32	36	35	35	37	38	33.9	31.7
		28	26	28	24	29	28	39	34	30	29	29.5	
	Corta	12	15									13.5	
3B	Normal	37	38	45	41	39	39	38	39	40	40	39.6	35.85
		34	35	28	30	28	36	35	28	29	38	32.1	
	Corta	18	13	11	17	13	12	20	12	24	18	15.8	
4B	Normal	38	36	42	35	37	37	35	40	39	39	37.8	34.3
		31	30	25	36	34	30	34	27	30	31	30.8	
5B	Normal	44	41	46	40	45	51	45	39	36	44	43.1	36.3
		34	31	29	21	33	30	28	36	25	28	29.5	
	Corta	10	10	11	15	15	9	20	9	9	10	11.8	
6B	Normal	27	28	31	28	30	27	30	32	28	27	28.8	25.9
		24	21	23	18	22	24	19	28	28	23	23	
	Corta	9	9									9	
7B	Normal	46	44	41	34	31	32	40	41	42	34	38.5	32.85
		25	29	30	26	29	30	23	30	26	24	27.2	
	Corta	9	12	10	10	10	15	15	15	13	12	12.1	
8B	Normal	36	41	39	42	35	34	36	44	42	40	38.9	35.35
		33	27	35	36	35	29	30	29	31	33	31.8	
	Corta	13	11	20	13	11	10	12	19	16	9	13.4	
9B	Normal	37	36	35	38	44	49	39	39	39	49	40.5	35.9
		33	32	29	32	32	34	31	28	28	34	31.3	
	Corta	10	10	11	16	13	12	12	15	11	14	12.4	

## *ANEXO 7*

### **DATOS ORIGINALES DE DIÁMETRO DE FIBRAS**

DETERMINACION DE DIAMETRO . ASTM 2130-85

PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 1A -CEIBO

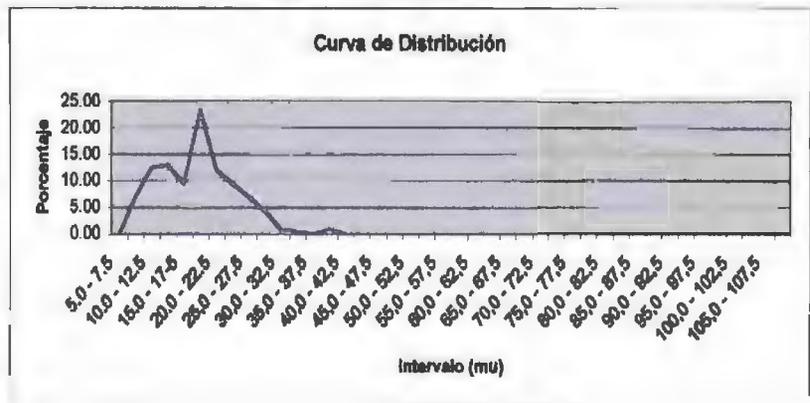
FECHA: 29/12/06

OPERADOR: ALONSO CASTRO

Intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	calda m=2.5	desde A, x	observada, f	fx	fx <sup>2</sup>		
5.0 - 7.5	6.25		0		0	0.00	0
7.5 - 10.0			1	7.5	18	6.90	6.90
10.0 - 12.5			2	20	58	12.90	19.40
12.5 - 15.0			3	30	90	12.93	32.33
15.0 - 17.5			4	22	88	9.48	41.81
17.5 - 20.0			5	54	270	23.28	65.08
20.0 - 22.5			8	29	188	12.07	77.16
22.5 - 25.0			7	72	154	9.48	86.64
25.0 - 27.5			8	16	128	6.90	93.53
27.5 - 30.0			9	10	90	4.31	97.84
30.0 - 32.5			10	2	20	0.86	96.71
32.5 - 35.0			11	1	11	0.43	99.14
35.0 - 37.5			12	0	0	0.00	99.14
37.5 - 40.0			13	2	26	0.86	100.00
40.0 - 42.5			14	0	0	0.00	0.00
42.5 - 45.0			15	0	0	0.00	0.00
45.0 - 47.5			16	0	0	0.00	0.00
47.5 - 50.0			17	0	0	0.00	0.00
50.0 - 52.5			18	0	0	0.00	0.00
52.5 - 55.0			19	0	0	0.00	0.00
55.0 - 57.5			20	0	0	0.00	0.00
57.5 - 60.0			21	0	0	0.00	0.00
60.0 - 62.5			22	0	0	0.00	0.00
62.5 - 65.0			23	0	0	0.00	0.00
65.0 - 67.5			24	0	0	0.00	0.00
67.5 - 70.0			25	0	0	0.00	0.00
70.0 - 72.5			26	0	0	0.00	0.00
72.5 - 75.0			27	0	0	0.00	0.00
75.0 - 77.5			28	0	0	0.00	0.00
77.5 - 80.0			29	0	0	0.00	0.00
80.0 - 82.5			30	0	0	0.00	0.00
82.5 - 85.0			31	0	0	0.00	0.00
85.0 - 87.5			32	0	0	0.00	0.00
87.5 - 90.0			33	0	0	0.00	0.00
90.0 - 92.5			34	0	0	0.00	0.00
92.5 - 95.0			35	0	0	0.00	0.00
95.0 - 97.5			36	0	0	0.00	0.00
97.5 - 100.0			37	0	0	0.00	0.00
100.0 - 102.5			38	0	0	0.00	0.00
102.5 - 105.0			39	0	0	0.00	0.00
105.0 - 107.5			40	0	0	0.00	0.00
107.5 - 110.0			41	0	0	0.00	0.00
			232	1119	6893	100.00	
				4.82	28.81		

E1 E2

n=	232
E1=	4.82
E2=	28.81
A=	6.25
DIAMETRO X	18.31
D.S.	5.89
C.V.	32.15



DETERMINACION DE DIAMETRO : ASTM 2130-95

PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 2A -CEIBO

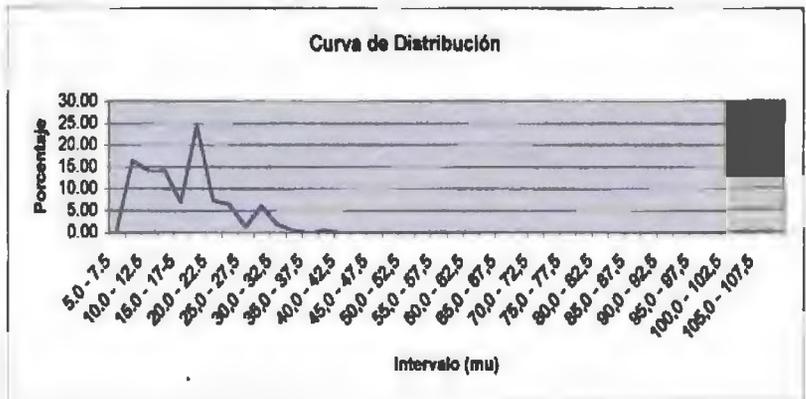
FECHA: 29/12/06

OPERADOR: ALONSO CASTRO

intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	celda m=2.5	desde A, x	observada, f	fx	fx'		
5.0 - 7.5	6.25		0	1	0	0	0
7.5 - 10.0			1	36	36	16.44	16.44
10.0 - 12.5			2	31	62	14.18	30.59
12.5 - 15.0			3	31	93	14.18	44.75
15.0 - 17.5			4	15	60	6.85	51.60
17.5 - 20.0			5	54	270	24.68	76.28
20.0 - 22.5			6	16	96	7.31	83.56
22.5 - 25.0			7	14	98	6.39	89.95
25.0 - 27.5			8	3	24	1.37	91.32
27.5 - 30.0			9	13	117	5.94	97.28
30.0 - 32.5			10	4	40	1.83	99.09
32.5 - 35.0			11	1	11	0.46	99.54
35.0 - 37.5			12	0	0	0.00	99.54
37.5 - 40.0			13	1	13	0.46	100.00
40.0 - 42.5			14		0	0.00	0.00
42.5 - 45.0			15		0	0.00	0.00
45.0 - 47.5			16		0	0.00	0.00
47.5 - 50.0			17		0	0.00	0.00
50.0 - 52.5			18		0	0.00	0.00
52.5 - 55.0			19		0	0.00	0.00
55.0 - 57.5			20		0	0.00	0.00
57.5 - 60.0			21		0	0.00	0.00
60.0 - 62.5			22		0	0.00	0.00
62.5 - 65.0			23		0	0.00	0.00
65.0 - 67.5			24		0	0.00	0.00
67.5 - 70.0			25		0	0.00	0.00
70.0 - 72.5			26		0	0.00	0.00
72.5 - 75.0			27		0	0.00	0.00
75.0 - 77.5			28		0	0.00	0.00
77.5 - 80.0			29		0	0.00	0.00
80.0 - 82.5			30		0	0.00	0.00
82.5 - 85.0			31		0	0.00	0.00
85.0 - 87.5			32		0	0.00	0.00
87.5 - 90.0			33		0	0.00	0.00
90.0 - 92.5			34		0	0.00	0.00
92.5 - 95.0			35		0	0.00	0.00
95.0 - 97.5			36		0	0.00	0.00
97.5 - 100.0			37		0	0.00	0.00
100.0 - 102.5			38		0	0.00	0.00
102.5 - 105.0			39		0	0.00	0.00
105.0 - 107.5			40		0	0.00	0.00
107.5 - 110.0			41		0	0.00	0.00
			219	920	5226	100.46	
				4.20	23.86		

E1 E2

n=	219
E1=	4.20
E2=	23.86
A=	6.25
DIAMETRO X	16.75
D.S.	6.23
C.V	37.20



DETERMINACION DE DIAMETRO : ASTM 2130-95

PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 3A - CEIBO

FECHA 29/12/06

OPERADOR: ALONSO CASTRO

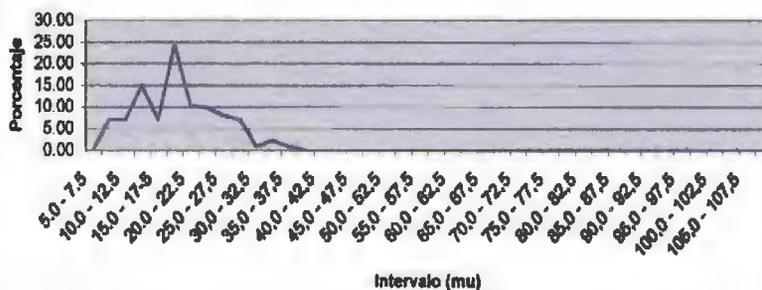
Intervalo	A	desviacion desde A, x	frecuencia observada, f	E1	E2	F1	F2
	celda m=2.5			fx	fx <sup>2</sup>		
5.0 - 7.5	6.25		0	0	0	0.00	0
7.5 - 10.0		1	16	16	16	7.11	7.11
10.0 - 12.5		2	16	32	64	7.11	14.22
12.5 - 15.0		3	34	102	308	15.11	29.33
15.0 - 17.5		4	16	64	256	7.11	36.44
17.5 - 20.0		5	55	275	1375	24.44	60.89
20.0 - 22.5		6	23	138	828	10.22	71.11
22.5 - 25.0		7	22	154	1078	9.78	80.89
25.0 - 27.5		8	18	144	1152	8.00	88.89
27.5 - 30.0		9	18	144	1296	7.11	96.00
30.0 - 32.5		10	2	20	200	0.89	96.89
32.5 - 35.0		11	5	55	605	2.22	99.11
35.0 - 37.5		12	2	24	288	0.89	100.00
37.5 - 40.0		13	0	0	0	0.00	0.00
40.0 - 42.5		14	0	0	0	0.00	0.00
42.5 - 45.0		15	0	0	0	0.00	0.00
45.0 - 47.5		16	0	0	0	0.00	0.00
47.5 - 50.0		17	0	0	0	0.00	0.00
50.0 - 52.5		18	0	0	0	0.00	0.00
52.5 - 55.0		19	0	0	0	0.00	0.00
55.0 - 57.5		20	0	0	0	0.00	0.00
57.5 - 60.0		21	0	0	0	0.00	0.00
60.0 - 62.5		22	0	0	0	0.00	0.00
62.5 - 65.0		23	0	0	0	0.00	0.00
65.0 - 67.5		24	0	0	0	0.00	0.00
67.5 - 70.0		25	0	0	0	0.00	0.00
70.0 - 72.5		26	0	0	0	0.00	0.00
72.5 - 75.0		27	0	0	0	0.00	0.00
75.0 - 77.5		28	0	0	0	0.00	0.00
77.5 - 80.0		29	0	0	0	0.00	0.00
80.0 - 82.5		30	0	0	0	0.00	0.00
82.5 - 85.0		31	0	0	0	0.00	0.00
85.0 - 87.5		32	0	0	0	0.00	0.00
87.5 - 90.0		33	0	0	0	0.00	0.00
90.0 - 92.5		34	0	0	0	0.00	0.00
92.5 - 95.0		35	0	0	0	0.00	0.00
95.0 - 97.5		36	0	0	0	0.00	0.00
97.5 - 100.0		37	0	0	0	0.00	0.00
100.0 - 102.5		38	0	0	0	0.00	0.00
102.5 - 105.0		39	0	0	0	0.00	0.00
105.0 - 107.5		40	0	0	0	0.00	0.00
107.5 - 110.0		41	0	0	0	0.00	0.00
			225	1168	7464	100.00	
				5.19	33.17		

E1 E2

n°	225
E1°	5.19
E2°	33.17
A°	6.25
DIAMETRO X	19.23
D.S.	8.24
C.V.	32.44



Curva de Distribución



DETERMINACION DE DIAMETRO . ASTM 2130-06

PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 4A -CEIBO .

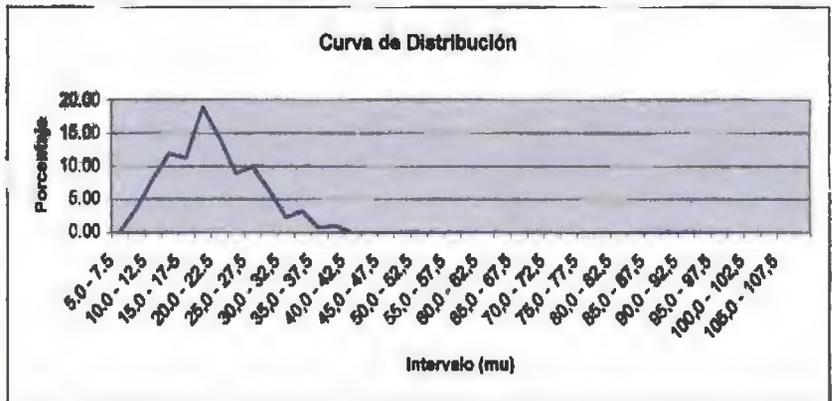
FECHA: 29/12/06

OPERADOR: ALONSO CASTRO

Intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	celda m=2.5	desde A, x	observada, f	fx	fx <sup>2</sup>		
5.0 - 7.5	6.25		0	0	0	0.00	0
7.5 - 10.0			1	11	11	3.51	3.51
10.0 - 12.5			2	25	50	7.99	11.50
12.5 - 15.0			3	37	111	11.82	23.32
15.0 - 17.5			4	35	140	11.18	34.80
17.5 - 20.0			5	59	295	18.85	53.35
20.0 - 22.5			6	45	270	14.38	67.73
22.5 - 25.0			7	28	198	8.95	78.88
25.0 - 27.5			8	31	248	9.90	88.58
27.5 - 30.0			9	20	180	6.39	92.97
30.0 - 32.5			10	7	70	2.24	95.21
32.5 - 35.0			11	10	110	3.19	98.40
35.0 - 37.5			12	2	24	0.84	99.04
37.5 - 40.0			13	3	38	0.88	100.00
40.0 - 42.5			14		0	0.00	0.00
42.5 - 45.0			15		0	0.00	0.00
45.0 - 47.5			16		0	0.00	0.00
47.5 - 50.0			17		0	0.00	0.00
50.0 - 52.5			18		0	0.00	0.00
52.5 - 55.0			18		0	0.00	0.00
55.0 - 57.5			20		0	0.00	0.00
57.5 - 60.0			21		0	0.00	0.00
60.0 - 62.5			22		0	0.00	0.00
62.5 - 65.0			23		0	0.00	0.00
65.0 - 67.5			24		0	0.00	0.00
67.5 - 70.0			25		0	0.00	0.00
70.0 - 72.5			28		0	0.00	0.00
72.5 - 75.0			27		0	0.00	0.00
75.0 - 77.5			28		0	0.00	0.00
77.5 - 80.0			29		0	0.00	0.00
80.0 - 82.5			30		0	0.00	0.00
82.5 - 85.0			31		0	0.00	0.00
85.0 - 87.5			32		0	0.00	0.00
87.5 - 90.0			33		0	0.00	0.00
90.0 - 92.5			34		0	0.00	0.00
92.5 - 95.0			35		0	0.00	0.00
95.0 - 97.5			36		0	0.00	0.00
97.5 - 100.0			37		0	0.00	0.00
100.0 - 102.5			38		0	0.00	0.00
102.5 - 105.0			39		0	0.00	0.00
105.0 - 107.5			40		0	0.00	0.00
107.5 - 110.0			41		0	0.00	0.00
				313	1744	11780	100.00
					5.57	37.64	

E1 E2

n°	313
E1°	5.57
E2°	37.64
A°	6.25
DIAMETRO X	20.18
D.S	6.42
C.V	31.80



DETERMINACION DE DIAMETRO : ASTM 2130-95  
 PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 5A -CEIBO .

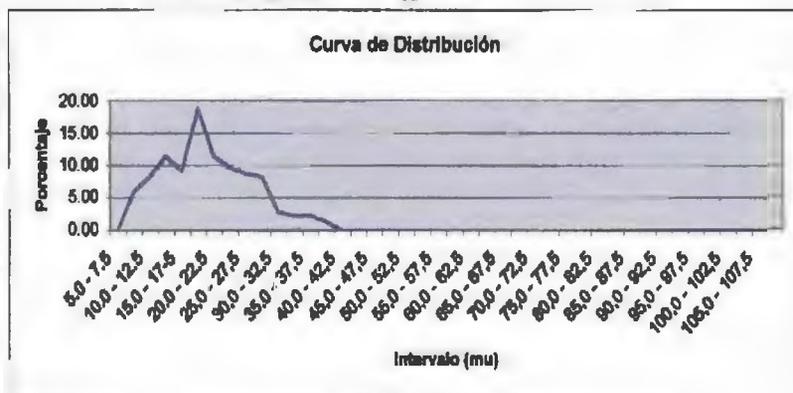
FECHA: 29/12/06

OPERADOR: ALONSO CASTRO

Intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	calde m=2.5	desde A, x	observada, f	fx	fx <sup>2</sup>		
5.0 - 7.5	6.25		0	0	0	0.00	0
7.5 - 10.0			1	13	13	5.64	5.64
10.0 - 12.5			2	18	36	8.22	14.16
12.5 - 15.0			3	25	75	11.42	25.57
15.0 - 17.5			4	20	80	9.13	34.70
17.5 - 20.0			8	41	205	18.72	53.42
20.0 - 22.5			6	25	150	11.42	64.84
22.5 - 25.0			7	21	147	9.59	74.43
25.0 - 27.5			8	19	152	8.68	83.11
27.5 - 30.0			8	18	162	8.22	91.32
30.0 - 32.5			10	6	60	2.74	94.08
32.5 - 35.0			11	5	65	2.28	98.35
35.0 - 37.5			12	5	60	2.28	98.63
37.5 - 40.0			13	3	39	1.37	100.00
40.0 - 42.5			14	0	0	0.00	0.00
42.5 - 45.0			15	0	0	0.00	0.00
45.0 - 47.5			18	0	0	0.00	0.00
47.5 - 50.0			17	0	0	0.00	0.00
50.0 - 52.5			18	0	0	0.00	0.00
52.5 - 55.0			18	0	0	0.00	0.00
55.0 - 57.5			20	0	0	0.00	0.00
57.5 - 60.0			21	0	0	0.00	0.00
60.0 - 62.5			22	0	0	0.00	0.00
62.5 - 65.0			23	0	0	0.00	0.00
65.0 - 67.5			24	0	0	0.00	0.00
67.5 - 70.0			25	0	0	0.00	0.00
70.0 - 72.5			26	0	0	0.00	0.00
72.5 - 75.0			27	0	0	0.00	0.00
75.0 - 77.5			28	0	0	0.00	0.00
77.5 - 80.0			28	0	0	0.00	0.00
80.0 - 82.5			30	0	0	0.00	0.00
82.5 - 85.0			31	0	0	0.00	0.00
85.0 - 87.5			32	0	0	0.00	0.00
87.5 - 90.0			33	0	0	0.00	0.00
90.0 - 92.5			34	0	0	0.00	0.00
92.5 - 95.0			35	0	0	0.00	0.00
95.0 - 97.5			36	0	0	0.00	0.00
97.5 - 100.0			37	0	0	0.00	0.00
100.0 - 102.5			38	0	0	0.00	0.00
102.5 - 105.0			39	0	0	0.00	0.00
105.0 - 107.5			40	0	0	0.00	0.00
107.5 - 110.0			41	0	0	0.00	0.00
				219	1234	8890	100.00
					5.63	39.68	

E1 E2

n=	219
E1=	5.63
E2=	39.68
A=	6.25
DIAMETRO X	20.34
D.S.	7.04
C.V	34.62



DETERMINACION DE DIAMETRO : ASTM 2130-85

PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 6A -CEIBO

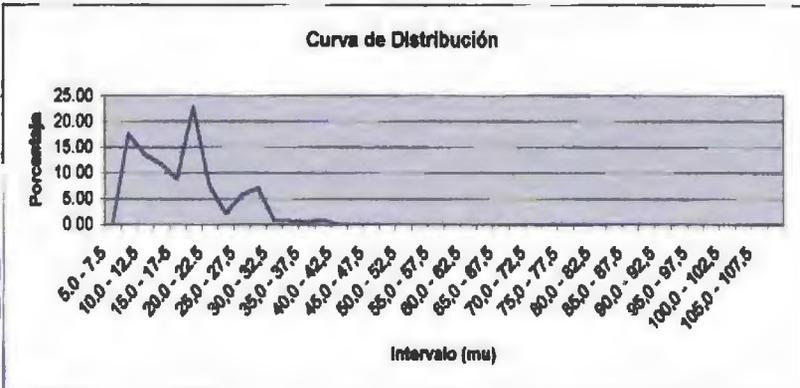
FECHA: 29/12/06

OPERADOR: ALONSO CASTRO

Intervalo	A	designacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	onda m=2.5	desde A, x	observada, f	fx	fx <sup>2</sup>		
5.0 - 7.5	6.25	0		0	0	0.00	0
7.5 - 10.0		1	40	40	40	17.94	17.54
10.0 - 12.5		2	31	62	124	13.80	31.14
12.5 - 15.0		3	27	81	243	11.84	42.98
15.0 - 17.5		4	20	80	320	8.77	51.75
17.5 - 20.0		5	52	260	1300	22.81	74.58
20.0 - 22.5		6	17	102	612	7.48	82.02
22.5 - 25.0		7	9	35	245	2.19	84.21
25.0 - 27.5		8	13	104	832	5.70	89.91
27.5 - 30.0		9	18	144	1298	7.02	96.83
30.0 - 32.5		10	2	20	200	0.88	97.81
32.5 - 35.0		11	2	22	242	0.88	98.68
35.0 - 37.5		12	1	12	144	0.44	99.12
37.5 - 40.0		13	2	26	338	0.88	100.00
40.0 - 42.5		14		0	0	0.00	0.00
42.5 - 45.0		15		0	0	0.00	0.00
45.0 - 47.5		16		0	0	0.00	0.00
47.5 - 50.0		17		0	0	0.00	0.00
50.0 - 52.5		18		0	0	0.00	0.00
52.5 - 55.0		19		0	0	0.00	0.00
55.0 - 57.5		20		0	0	0.00	0.00
57.5 - 60.0		21		0	0	0.00	0.00
60.0 - 62.5		22		0	0	0.00	0.00
62.5 - 65.0		23		0	0	0.00	0.00
65.0 - 67.5		24		0	0	0.00	0.00
67.5 - 70.0		25		0	0	0.00	0.00
70.0 - 72.5		26		0	0	0.00	0.00
72.5 - 75.0		27		0	0	0.00	0.00
75.0 - 77.5		28		0	0	0.00	0.00
77.5 - 80.0		29		0	0	0.00	0.00
80.0 - 82.5		30		0	0	0.00	0.00
82.5 - 85.0		31		0	0	0.00	0.00
85.0 - 87.5		32		0	0	0.00	0.00
87.5 - 90.0		33		0	0	0.00	0.00
90.0 - 92.5		34		0	0	0.00	0.00
92.5 - 95.0		35		0	0	0.00	0.00
95.0 - 97.5		36		0	0	0.00	0.00
97.5 - 100.0		37		0	0	0.00	0.00
100.0 - 102.5		38		0	0	0.00	0.00
102.5 - 105.0		39		0	0	0.00	0.00
105.0 - 107.5		40		0	0	0.00	0.00
107.5 - 110.0		41		0	0	0.00	0.00
			228	988	5638	100.00	
				4.33	26.04		

E1 E2

n°	228
E1=	4.33
E2=	26.04
A=	6.25
DIAMETRO X	17.08
D.S.	6.73
C.V.	39.42



DETERMINACION DE DIAMETRO : ASTM 2130-95  
 PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 7A -CEIBO .

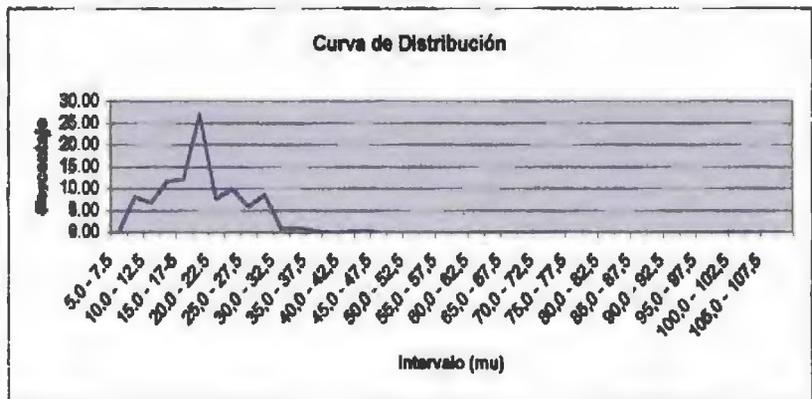
FECHA: 29/12/06

OPERADOR: ALONSO CASTRO

Intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	Fj
	cada m=2.5	desde A, x	observada, f	fx	fx <sup>2</sup>		
5.0 - 7.5	6.25	0	0	0	0	0.00	0
7.5 - 10.0		1	18	18	18	8.07	8.07
10.0 - 12.5		2	15	30	60	6.73	14.80
12.5 - 15.0		3	26	78	234	11.68	26.46
15.0 - 17.5		4	27	108	432	12.11	38.57
17.5 - 20.0		5	60	300	1500	26.91	65.47
20.0 - 22.5		6	17	102	612	7.62	73.09
22.5 - 25.0		7	22	154	1078	9.87	62.96
25.0 - 27.5		8	13	104	832	5.83	66.79
27.5 - 30.0		9	19	171	1539	8.52	97.31
30.0 - 32.5		10	2	20	200	0.90	96.21
32.5 - 35.0		11	2	22	242	0.90	99.10
35.0 - 37.5		12	1	12	144	0.45	99.55
37.5 - 40.0		13	0	0	0	0.00	99.55
40.0 - 42.5		14	0	0	0	0.00	99.55
42.5 - 45.0		15	1	15	225	0.45	100.00
45.0 - 47.5		16	0	0	0	0.00	0.00
47.5 - 50.0		17	0	0	0	0.00	0.00
50.0 - 52.5		18	0	0	0	0.00	0.00
52.5 - 55.0		18	0	0	0	0.00	0.00
55.0 - 57.5		20	0	0	0	0.00	0.00
57.5 - 60.0		21	0	0	0	0.00	0.00
60.0 - 62.5		22	0	0	0	0.00	0.00
62.5 - 65.0		23	0	0	0	0.00	0.00
65.0 - 67.5		24	0	0	0	0.00	0.00
67.5 - 70.0		25	0	0	0	0.00	0.00
70.0 - 72.5		26	0	0	0	0.00	0.00
72.5 - 75.0		27	0	0	0	0.00	0.00
75.0 - 77.5		28	0	0	0	0.00	0.00
77.5 - 80.0		29	0	0	0	0.00	0.00
80.0 - 82.5		30	0	0	0	0.00	0.00
82.5 - 85.0		31	0	0	0	0.00	0.00
85.0 - 87.5		32	0	0	0	0.00	0.00
87.5 - 90.0		33	0	0	0	0.00	0.00
90.0 - 92.5		34	0	0	0	0.00	0.00
92.5 - 95.0		35	0	0	0	0.00	0.00
95.0 - 97.5		36	0	0	0	0.00	0.00
97.5 - 100.0		37	0	0	0	0.00	0.00
100.0 - 102.5		38	0	0	0	0.00	0.00
102.5 - 105.0		39	0	0	0	0.00	0.00
105.0 - 107.5		40	0	0	0	0.00	0.00
107.5 - 110.0		41	0	0	0	0.00	0.00
			223	1134	7119	100.00	
				5.09	31.91		

E1 E2

n=	223
E1=	5.09
E2=	31.91
A=	6.25
DIAMETRO X	18.98
D S	6.15
C.V.	32.43



DETERMINACION DE DIAMETRO - ASTM 2130-05  
 PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 8A -CEIBO

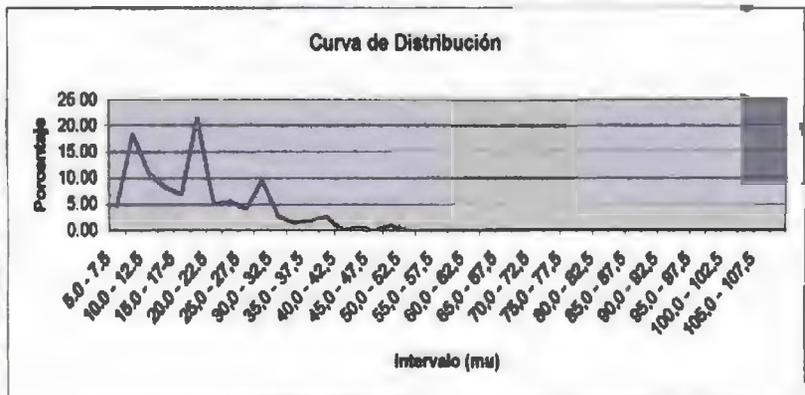
FECHA: 29/12/06

OPERADOR: ALONSO CASTRO

intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	cada m=2.5	desde A, x	observada, f	fx	fx <sup>2</sup>		
5.0 - 7.5	6.25		0	10	0	4.57	0
7.5 - 10.0			1	40	40	18.28	18.28
10.0 - 12.5			2	24	48	10.86	29.22
12.5 - 15.0			3	8	54	8.22	37.44
15.0 - 17.5			4	15	60	8.65	44.29
17.5 - 20.0			5	47	235	21.48	88.75
20.0 - 22.5			6	11	66	5.02	70.78
22.5 - 25.0			7	12	84	5.48	76.28
25.0 - 27.5			8	9	72	4.11	80.37
27.5 - 30.0			9	21	189	9.58	89.95
30.0 - 32.5			10	6	60	2.74	92.89
32.5 - 35.0			11	3	33	1.37	94.08
35.0 - 37.5			12	4	48	1.83	95.89
37.5 - 40.0			13	6	78	2.74	96.63
40.0 - 42.5			14	0	0	0.00	98.63
42.5 - 45.0			15	1	15	0.48	99.09
45.0 - 47.5			16	0	0	0.00	99.08
47.5 - 50.0			17	2	34	0.91	100.00
50.0 - 52.5			18	0	0	0.00	0.00
52.5 - 55.0			19	0	0	0.00	0.00
55.0 - 57.5			20	0	0	0.00	0.00
57.5 - 60.0			21	0	0	0.00	0.00
60.0 - 62.5			22	0	0	0.00	0.00
62.5 - 65.0			23	0	0	0.00	0.00
65.0 - 67.5			24	0	0	0.00	0.00
67.5 - 70.0			25	0	0	0.00	0.00
70.0 - 72.5			26	0	0	0.00	0.00
72.5 - 75.0			27	0	0	0.00	0.00
75.0 - 77.5			28	0	0	0.00	0.00
77.5 - 80.0			28	0	0	0.00	0.00
80.0 - 82.5			30	0	0	0.00	0.00
82.5 - 85.0			31	0	0	0.00	0.00
85.0 - 87.5			32	0	0	0.00	0.00
87.5 - 90.0			33	0	0	0.00	0.00
90.0 - 92.5			34	0	0	0.00	0.00
92.5 - 95.0			35	0	0	0.00	0.00
95.0 - 97.5			36	0	0	0.00	0.00
97.5 - 100.0			37	0	0	0.00	0.00
100.0 - 102.5			38	0	0	0.00	0.00
102.5 - 105.0			39	0	0	0.00	0.00
105.0 - 107.5			40	0	0	0.00	0.00
107.5 - 110.0			41	0	0	0.00	0.00
				218	1116	8330	104.57
					5.10	38.04	

E1 E2

n°	219
E1°	5.10
E2°	38.04
A°	6.25
DIAMETRO X	18.99
D.S.	8.68
C.V	45.73



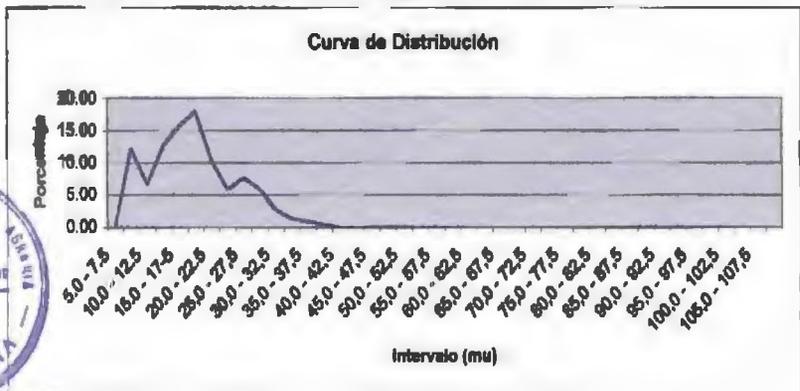
DETERMINACION DE DIAMETRO : ASTM 2130-95  
 PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA  
 MUESTRA: 9A - CEIBO .

FECHA: 29/12/06 OPERADOR: ALONSO CASTRO

Intervalo	A	desviacion desde A, x	frecuencia observada, f	E1	E2	F1	F2
5.0 - 7.5	6.25		0	0	0	0.00	0
7.5 - 10.0			1	27	27	12.11	12.11
10.0 - 12.5			2	15	30	6.73	18.83
12.5 - 15.0			3	28	84	12.56	31.39
15.0 - 17.5			4	35	140	15.70	47.09
17.5 - 20.0			5	40	200	17.84	65.02
20.0 - 22.5			6	23	138	10.31	75.34
22.5 - 25.0			7	13	91	5.83	81.17
25.0 - 27.5			8	17	138	7.62	88.79
27.5 - 30.0			9	13	117	5.83	94.62
30.0 - 32.5			10	8	60	2.69	97.31
32.5 - 35.0			11	3	33	1.35	98.66
35.0 - 37.5			12	2	24	0.90	99.55
37.5 - 40.0			13	1	13	0.45	100.00
40.0 - 42.5			14	0	0	0.00	0.00
42.5 - 45.0			15	0	0	0.00	0.00
45.0 - 47.5			16	0	0	0.00	0.00
47.5 - 50.0			17	0	0	0.00	0.00
50.0 - 52.5			18	0	0	0.00	0.00
52.5 - 55.0			19	0	0	0.00	0.00
55.0 - 57.5			20	0	0	0.00	0.00
57.5 - 60.0			21	0	0	0.00	0.00
60.0 - 62.5			22	0	0	0.00	0.00
62.5 - 65.0			23	0	0	0.00	0.00
65.0 - 67.5			24	0	0	0.00	0.00
67.5 - 70.0			25	0	0	0.00	0.00
70.0 - 72.5			26	0	0	0.00	0.00
72.5 - 75.0			27	0	0	0.00	0.00
75.0 - 77.5			28	0	0	0.00	0.00
77.5 - 80.0			29	0	0	0.00	0.00
80.0 - 82.5			30	0	0	0.00	0.00
82.5 - 85.0			31	0	0	0.00	0.00
85.0 - 87.5			32	0	0	0.00	0.00
87.5 - 90.0			33	0	0	0.00	0.00
90.0 - 92.5			34	0	0	0.00	0.00
92.5 - 95.0			35	0	0	0.00	0.00
95.0 - 97.5			36	0	0	0.00	0.00
97.5 - 100.0			37	0	0	0.00	0.00
100.0 - 102.5			38	0	0	0.00	0.00
102.5 - 105.0			39	0	0	0.00	0.00
105.0 - 107.5			40	0	0	0.00	0.00
107.5 - 110.0			41	0	0	0.00	0.00
			223	1083	6925	100.00	
				4.90	31.08		

E1 E2

n	223
E1	4.90
E2	31.08
A	6.25
DIAMETRO X	18.50
D.S.	8.63
C.V.	35.63



DETERMINACION DE DIAMETRO - ASTM 2130-95

PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

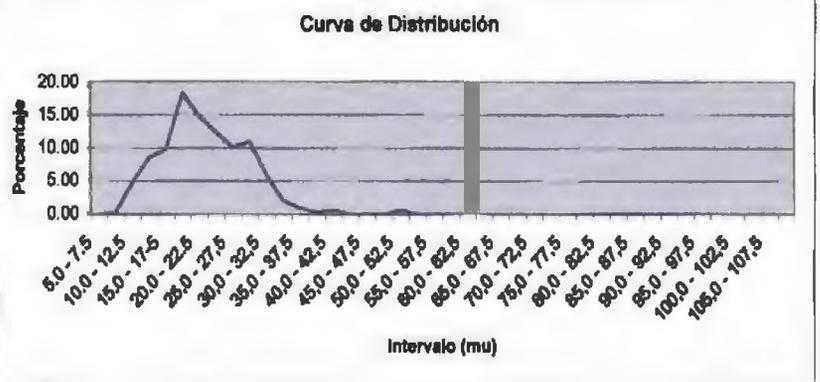
MUESTRA: 1B - CEIBO -

FECHA: 29/12/06

OPERADOR: ALONSO CASTRO

Intervalo	A		desviación		frecuencia		E1	E2	F1	F2
	cadena m=25	desde A, x	observada, f	fx	fx'					
5.0 - 7.5	6.25		0			0			0.00	0
7.5 - 10.0			1		1	1		1	0.29	0.29
10.0 - 12.5			2		16	32		64	4.72	5.01
12.5 - 15.0			3		20	87		261	8.55	13.57
15.0 - 17.5			4		33	132		528	9.73	23.30
17.5 - 20.0			5		62	310		1550	18.28	41.59
20.0 - 22.5			6		50	300		1800	14.75	56.34
22.5 - 25.0			7		42	294		2058	12.39	68.73
25.0 - 27.5			8		34	272		2178	10.03	78.76
27.5 - 30.0			9		37	333		2997	10.91	89.68
30.0 - 32.5			10		20	200		2000	5.90	95.58
32.5 - 35.0			11		7	77		847	2.06	97.64
35.0 - 37.5			12		3	38		432	0.88	98.53
37.5 - 40.0			13		1	13		169	0.29	98.82
40.0 - 42.5			14		?	28		362	0.59	99.41
42.5 - 45.0			15		0	0		0	0.00	99.41
45.0 - 47.5			16		0	0		0	0.00	99.41
47.5 - 50.0			17		0	0		0	0.00	99.41
50.0 - 52.5			18		?	36		648	0.59	100.00
52.5 - 55.0			19		0	0		0	0.00	100.00
55.0 - 57.5			20		0	0		0	0.00	100.00
57.5 - 60.0			21		0	0		0	0.00	100.00
60.0 - 62.5			22		0	0		0	0.00	100.00
62.5 - 65.0			23		0	0		0	0.00	100.00
65.0 - 67.5			24		0	0		0	0.00	100.00
67.5 - 70.0			25		0	0		0	0.00	100.00
70.0 - 72.5			26		0	0		0	0.00	100.00
72.5 - 75.0			27		0	0		0	0.00	100.00
75.0 - 77.5			28		0	0		0	0.00	100.00
77.5 - 80.0			29		0	0		0	0.00	100.00
80.0 - 82.5			30		0	0		0	0.00	100.00
82.5 - 85.0			31		0	0		0	0.00	100.00
85.0 - 87.5			32		0	0		0	0.00	100.00
87.5 - 90.0			33		0	0		0	0.00	100.00
90.0 - 92.5			34		0	0		0	0.00	100.00
92.5 - 95.0			35		0	0		0	0.00	100.00
95.0 - 97.5			36		0	0		0	0.00	100.00
97.5 - 100.0			37		0	0		0	0.00	100.00
100.0 - 102.5			38		0	0		0	0.00	100.00
102.5 - 105.0			39		0	0		0	0.00	100.00
105.0 - 107.5			40		0	0		0	0.00	100.00
107.5 - 110.0			41		0	0		0	0.00	100.00
					339	2151	15923	100.00		
						6.35	46.97			
						E1	E2			

n°	339
E1°	6.35
E2°	46.97
A°	6.25
DIAMETRO X	22.11
D.S	6.48
C.V.	29.28



DETERMINACION DE DIAMETRO . ASTM 2130-85  
 PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA 2B - CEIBO.

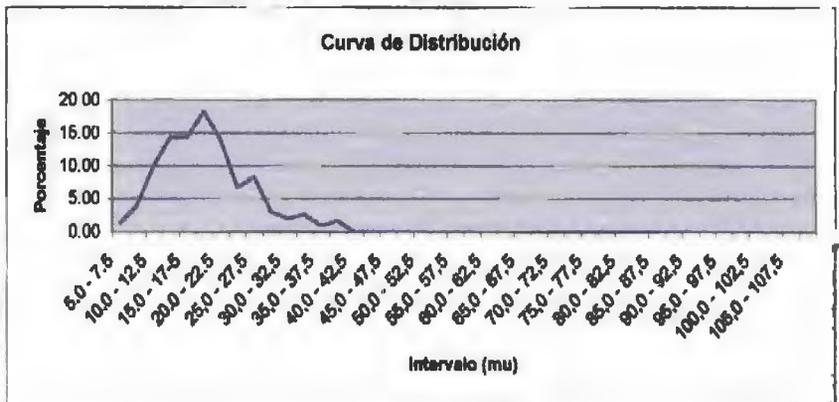
FECHA: 29/12/06

OPERADOR: ALONSO CASTRO

Intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	celda m=2.5	desde A, x	observada, f	fx	fx <sup>2</sup>		
5.0 - 7.5	6.25	0	4	0	0	1.33	0
7.5 - 10.0		1	12	12	12	3.99	3.99
10.0 - 12.5		2	30	60	120	9.97	13.95
12.5 - 15.0		3	43	129	397	14.29	28.24
15.0 - 17.5		4	43	172	688	14.29	42.52
17.5 - 20.0		5	55	275	1375	18.27	60.80
20.0 - 22.5		6	42	252	1512	13.95	74.75
22.5 - 25.0		7	20	140	980	6.84	81.40
25.0 - 27.5		8	25	200	1800	8.31	86.70
27.5 - 30.0		9	9	81	729	2.99	92.69
30.0 - 32.5		10	6	60	600	1.99	94.68
32.5 - 35.0		11	8	88	968	2.66	97.34
35.0 - 37.5		12	3	36	432	1.00	98.34
37.5 - 40.0		13	5	65	845	1.66	100.00
40.0 - 42.5		14	0	0	0	0.00	0.00
42.5 - 45.0		15	0	0	0	0.00	0.00
45.0 - 47.5		16	0	0	0	0.00	0.00
47.5 - 50.0		17	0	0	0	0.00	0.00
50.0 - 52.5		18	0	0	0	0.00	0.00
52.5 - 55.0		19	0	0	0	0.00	0.00
55.0 - 57.5		20	0	0	0	0.00	0.00
57.5 - 60.0		21	0	0	0	0.00	0.00
60.0 - 62.5		22	0	0	0	0.00	0.00
62.5 - 65.0		23	0	0	0	0.00	0.00
65.0 - 67.5		24	0	0	0	0.00	0.00
67.5 - 70.0		25	0	0	0	0.00	0.00
70.0 - 72.5		26	0	0	0	0.00	0.00
72.5 - 75.0		27	0	0	0	0.00	0.00
75.0 - 77.5		28	0	0	0	0.00	0.00
77.5 - 80.0		29	0	0	0	0.00	0.00
80.0 - 82.5		30	0	0	0	0.00	0.00
82.5 - 85.0		31	0	0	0	0.00	0.00
85.0 - 87.5		32	0	0	0	0.00	0.00
87.5 - 90.0		33	0	0	0	0.00	0.00
90.0 - 92.5		34	0	0	0	0.00	0.00
92.5 - 95.0		35	0	0	0	0.00	0.00
95.0 - 97.5		36	0	0	0	0.00	0.00
97.5 - 100.0		37	0	0	0	0.00	0.00
100.0 - 102.5		38	0	0	0	0.00	0.00
102.5 - 105.0		39	0	0	0	0.00	0.00
105.0 - 107.5		40	0	0	0	0.00	0.00
107.5 - 110.0		41	0	0	0	0.00	0.00
			301	1570	10248	101.33	
				5.22	34.05		

E1 E2

n=	301
E1=	5.22
E2=	34.05
A=	6.25
DIAMETRO X	19.29
D.S	6.54
C.V.	33.90



DETERMINACION DE DIAMETRO · ASTM 2130-95

PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 3B -CEIBO

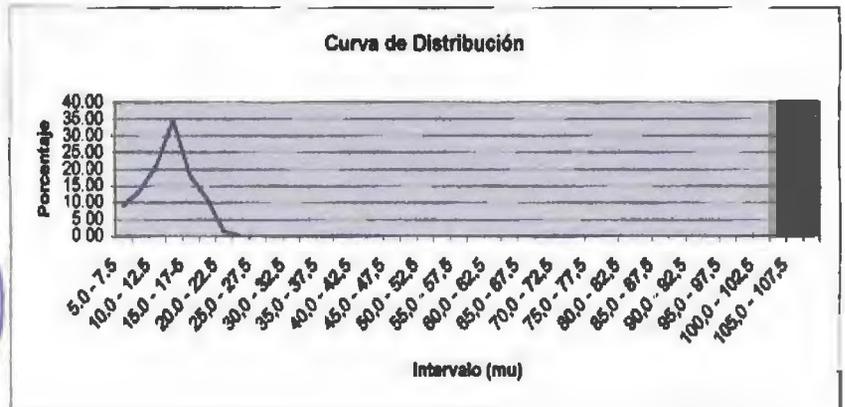
FECHA: 29/12/06

OPERADOR: ALONSO CASTRO

Intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	celda m=2.5	decede A, x	observada, f	fx	fx'		
5.0 - 7.5	6.25		0	18	0	0	0
7.5 - 10.0			1	27	27	13.57	13.57
10.0 - 12.5			2	42	84	21.11	34.67
12.5 - 15.0			3	69	207	34.67	69.35
15.0 - 17.5			4	36	144	18.09	87.44
17.5 - 20.0			5	22	110	11.08	98.49
20.0 - 22.5			6	3	18	1.51	100.00
22.5 - 25.0			7		0	0.00	0.00
25.0 - 27.5			8		0	0.00	0.00
27.5 - 30.0			9		0	0.00	0.00
30.0 - 32.5			10		0	0.00	0.00
32.5 - 35.0			11		0	0.00	0.00
35.0 - 37.5			12		0	0.00	0.00
37.5 - 40.0			13		0	0.00	0.00
40.0 - 42.5			14		0	0.00	0.00
42.5 - 45.0			15		0	0.00	0.00
45.0 - 47.5			16		0	0.00	0.00
47.5 - 50.0			17		0	0.00	0.00
50.0 - 52.5			18		0	0.00	0.00
52.5 - 55.0			18		0	0.00	0.00
55.0 - 57.5			20		0	0.00	0.00
57.5 - 60.0			21		0	0.00	0.00
60.0 - 62.5			22		0	0.00	0.00
62.5 - 65.0			23		0	0.00	0.00
65.0 - 67.5			24		0	0.00	0.00
67.5 - 70.0			25		0	0.00	0.00
70.0 - 72.5			26		0	0.00	0.00
72.5 - 75.0			27		0	0.00	0.00
75.0 - 77.5			28		0	0.00	0.00
77.5 - 80.0			29		0	0.00	0.00
80.0 - 82.5			30		0	0.00	0.00
82.5 - 85.0			31		0	0.00	0.00
85.0 - 87.5			32		0	0.00	0.00
87.5 - 90.0			33		0	0.00	0.00
90.0 - 92.5			34		0	0.00	0.00
92.5 - 95.0			35		0	0.00	0.00
95.0 - 97.5			36		0	0.00	0.00
97.5 - 100.0			37		0	0.00	0.00
100.0 - 102.5			38		0	0.00	0.00
102.5 - 105.0			39		0	0.00	0.00
105.0 - 107.5			40		0	0.00	0.00
107.5 - 110.0			41		0	0.00	0.00
			199	590	2050	109.05	
				2.98	10.30		

E1 E2

n=	199
E1=	2.98
E2=	10.30
A=	6.25
DIAMETRO X	13.68
D S	3.07
C.V.	22.50



DETERMINACION DE DIAMETRO ASTM 2130-85

PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 4 B -CEIBO

FECHA: 29/12/06

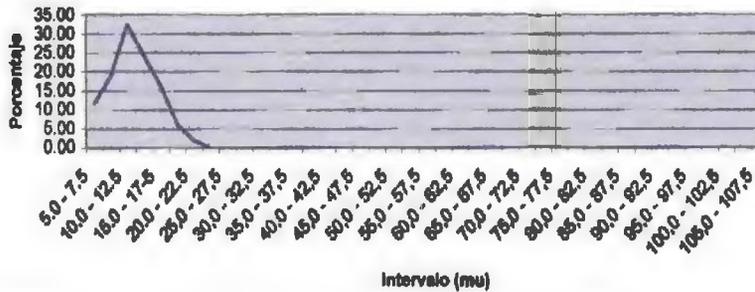
OPERADOR: ALONSO CASTRO

intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	celda m=2.5	desde A, x	observada, f	fx	fx <sup>2</sup>		
5.0 - 7.5	8.25	0	23	0	0	11.88	0
7.5 - 10.0		1	37	37	37	18.78	18.78
10.0 - 12.5		2	64	128	256	32.49	51.27
12.5 - 15.0		3	48	144	432	24.37	75.63
15.0 - 17.5		4	32	128	512	16.24	81.88
17.5 - 20.0		5	12	60	300	8.09	97.97
20.0 - 22.5		6	4	24	144	2.03	100.00
22.5 - 25.0		7		0	0	0.00	0.00
25.0 - 27.5		8		0	0	0.00	0.00
27.5 - 30.0		9		0	0	0.00	0.00
30.0 - 32.5		10		0	0	0.00	0.00
32.5 - 35.0		11		0	0	0.00	0.00
35.0 - 37.5		12		0	0	0.00	0.00
37.5 - 40.0		13		0	0	0.00	0.00
40.0 - 42.5		14		0	0	0.00	0.00
42.5 - 45.0		15		0	0	0.00	0.00
45.0 - 47.5		16		0	0	0.00	0.00
47.5 - 50.0		17		0	0	0.00	0.00
50.0 - 52.5		18		0	0	0.00	0.00
52.5 - 55.0		19		0	0	0.00	0.00
55.0 - 57.5		20		0	0	0.00	0.00
57.5 - 60.0		21		0	0	0.00	0.00
60.0 - 62.5		22		0	0	0.00	0.00
62.5 - 65.0		23		0	0	0.00	0.00
65.0 - 67.5		24		0	0	0.00	0.00
67.5 - 70.0		25		0	0	0.00	0.00
70.0 - 72.5		26		0	0	0.00	0.00
72.5 - 75.0		27		0	0	0.00	0.00
75.0 - 77.5		28		0	0	0.00	0.00
77.5 - 80.0		29		0	0	0.00	0.00
80.0 - 82.5		30		0	0	0.00	0.00
82.5 - 85.0		31		0	0	0.00	0.00
85.0 - 87.5		32		0	0	0.00	0.00
87.5 - 90.0		33		0	0	0.00	0.00
90.0 - 92.5		34		0	0	0.00	0.00
92.5 - 95.0		35		0	0	0.00	0.00
95.0 - 97.5		36		0	0	0.00	0.00
97.5 - 100.0		37		0	0	0.00	0.00
100.0 - 102.5		38		0	0	0.00	0.00
102.5 - 105.0		39		0	0	0.00	0.00
105.0 - 107.5		40		0	0	0.00	0.00
107.5 - 110.0		41		0	0	0.00	0.00
			197	521	1881	111.68	
				2.64	8.53		

E1 E2

n=	197
E1=	2.64
E2=	8.53
A=	6.25
DIAMETRO X	12.86
D.S.	3.10
C.V	24.11

Curva de Distribución



DETERMINACION DE DIAMETRO . ASTM 2130-05

PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 5B -CEIBO .

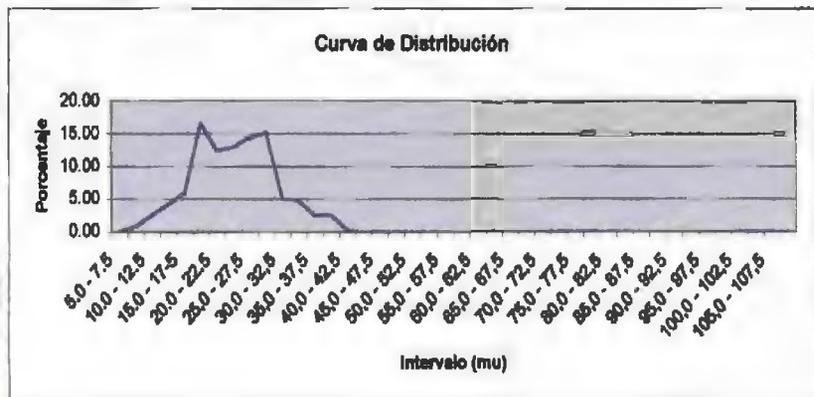
FECHA: 29/12/06

OPERADOR: ALONSO CASTRO

Intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	celda m=2.5	desde A, x	observada, f	fx	fx <sup>2</sup>		
5.0 - 7.5	6.25	0	0	0	0	0.00	0
7.5 - 10.0		1	3	3	3	0.84	0.84
10.0 - 12.5		2	8	18	36	2.53	3.37
12.5 - 15.0		3	15	45	135	4.21	7.58
15.0 - 17.5		4	21	84	336	5.90	13.48
17.5 - 20.0		5	59	285	285	16.57	30.08
20.0 - 22.5		6	44	264	1584	12.36	42.42
22.5 - 25.0		7	46	322	2254	12.92	55.34
25.0 - 27.5		8	81	408	3264	14.33	89.88
27.5 - 30.0		9	54	486	4374	15.17	84.83
30.0 - 32.5		10	19	180	1800	5.06	89.89
32.5 - 35.0		11	17	187	2057	4.78	94.66
35.0 - 37.5		12	9	108	1296	2.83	97.19
37.5 - 40.0		13	9	117	1521	2.53	89.72
40.0 - 42.5		14	1	14	198	0.28	100.00
42.5 - 45.0		15	0	0	0	0.00	0.00
45.0 - 47.5		16	0	0	0	0.00	0.00
47.5 - 50.0		17	0	0	0	0.00	0.00
50.0 - 52.5		18	0	0	0	0.00	0.00
52.5 - 55.0		19	0	0	0	0.00	0.00
55.0 - 57.5		20	0	0	0	0.00	0.00
57.5 - 60.0		21	0	0	0	0.00	0.00
60.0 - 62.5		22	0	0	0	0.00	0.00
62.5 - 65.0		23	0	0	0	0.00	0.00
65.0 - 67.5		24	0	0	0	0.00	0.00
67.5 - 70.0		25	0	0	0	0.00	0.00
70.0 - 72.5		26	0	0	0	0.00	0.00
72.5 - 75.0		27	0	0	0	0.00	0.00
75.0 - 77.5		28	0	0	0	0.00	0.00
77.5 - 80.0		29	0	0	0	0.00	0.00
80.0 - 82.5		30	0	0	0	0.00	0.00
82.5 - 85.0		31	0	0	0	0.00	0.00
85.0 - 87.5		32	0	0	0	0.00	0.00
87.5 - 90.0		33	0	0	0	0.00	0.00
90.0 - 92.5		34	0	0	0	0.00	0.00
92.5 - 95.0		35	0	0	0	0.00	0.00
95.0 - 97.5		36	0	0	0	0.00	0.00
97.5 - 100.0		37	0	0	0	0.00	0.00
100.0 - 102.5		38	0	0	0	0.00	0.00
102.5 - 105.0		39	0	0	0	0.00	0.00
105.0 - 107.5		40	0	0	0	0.00	0.00
107.5 - 110.0		41	0	0	0	0.00	0.00
			358	2531	20331	100.00	
				7.11	57.11		

E1 E2

n=	356
E1=	7.11
E2=	57.11
A=	6.25
DIAMETRO X	24.02
D.S.	6.40
C.V.	26.66



DETERMINACION DE DIAMETRO : ASTM 2130-95  
 PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 6B -CEIBO  
 FECHA: 29/12/06

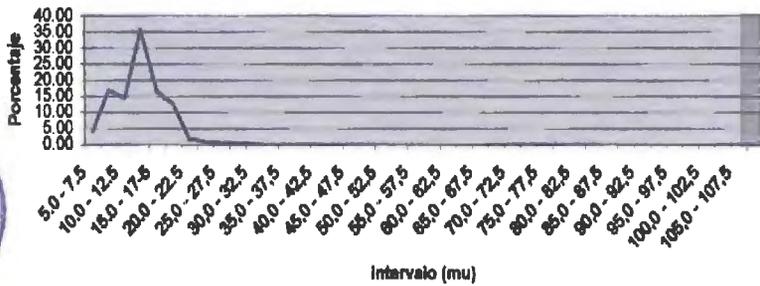
OPERADOR: ALONSO CASTRO

Intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	celda m=2.5	desde A, x	observada, f	fx	fx <sup>2</sup>		
5.0 - 7.5	6.25		0	0	0	3.91	0
7.5 - 10.0			1	39	39	16.96	16.96
10.0 - 12.5			2	33	96	14.35	31.30
12.5 - 15.0			3	82	248	35.65	66.96
15.0 - 17.5			4	30	152	16.52	83.48
17.5 - 20.0			5	29	145	12.61	98.09
20.0 - 22.5			6	4	24	1.74	87.83
22.5 - 25.0			7	2	14	0.87	96.70
25.0 - 27.5			8	1	8	0.43	99.13
27.5 - 30.0			9	1	9	0.43	99.57
30.0 - 32.5			10	1	10	0.43	100.00
32.5 - 35.0			11		0	0.00	0.00
35.0 - 37.5			12		0	0.00	0.00
37.5 - 40.0			13		0	0.00	0.00
40.0 - 42.5			14		0	0.00	0.00
42.5 - 45.0			15		0	0.00	0.00
45.0 - 47.5			16		0	0.00	0.00
47.5 - 50.0			17		0	0.00	0.00
50.0 - 52.5			18		0	0.00	0.00
52.5 - 55.0			19		0	0.00	0.00
55.0 - 57.5			20		0	0.00	0.00
57.5 - 60.0			21		0	0.00	0.00
60.0 - 62.5			22		0	0.00	0.00
62.5 - 65.0			23		0	0.00	0.00
65.0 - 67.5			24		0	0.00	0.00
67.5 - 70.0			25		0	0.00	0.00
70.0 - 72.5			26		0	0.00	0.00
72.5 - 75.0			27		0	0.00	0.00
75.0 - 77.5			28		0	0.00	0.00
77.5 - 80.0			29		0	0.00	0.00
80.0 - 82.5			30		0	0.00	0.00
82.5 - 85.0			31		0	0.00	0.00
85.0 - 87.5			32		0	0.00	0.00
87.5 - 90.0			33		0	0.00	0.00
90.0 - 92.5			34		0	0.00	0.00
92.5 - 95.0			35		0	0.00	0.00
95.0 - 97.5			36		0	0.00	0.00
97.5 - 100.0			37		0	0.00	0.00
100.0 - 102.5			38		0	0.00	0.00
102.5 - 105.0			39		0	0.00	0.00
105.0 - 107.5			40		0	0.00	0.00
107.5 - 110.0			41		0	0.00	0.00
				230	713	2729	103.91
					3.10	11.87	

E1 E2

n=	230
E1=	3.10
E2=	11.87
A=	6.25
DIAMETRO X	14.00
D.S	3.75
C.V.	26.82

Curva de Distribución



DETERMINACION DE DIAMETRO : ASTM 2130-85

PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 7B -CEIBO .

FECHA: 29/12/08

OPERADOR: ALONSO CASTRO

intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	ceda $m=2.5$	desde A, $\pi$	observada, f	fx	fx <sup>2</sup>		
5.0 - 7.5	6.25	0	0	0	0	0.00	0
7.5 - 10.0		1	11	11	11	3.38	3.38
10.0 - 12.5		2	23	48	92	7.08	10.48
12.5 - 15.0		3	35	105	315	10.77	21.23
15.0 - 17.5		4	43	172	688	13.23	34.48
17.5 - 20.0		5	67	310	1550	19.08	53.54
20.0 - 22.5		6	29	174	1044	8.92	82.48
22.5 - 25.0		7	34	238	1668	10.48	72.92
25.0 - 27.5		8	31	248	1984	9.54	82.48
27.5 - 30.0		9	35	315	2835	10.77	93.23
30.0 - 32.5		10	8	80	800	2.48	95.88
32.5 - 35.0		11	0	88	968	2.48	98.15
35.0 - 37.5		12	3	36	432	0.92	99.08
37.5 - 40.0		13	3	39	507	0.92	100.00
40.0 - 42.5		14		0	0	0.00	0.00
42.5 - 45.0		15		0	0	0.00	0.00
45.0 - 47.5		16		0	0	0.00	0.00
47.5 - 50.0		17		0	0	0.00	0.00
50.0 - 52.5		18		0	0	0.00	0.00
52.5 - 55.0		19		0	0	0.00	0.00
55.0 - 57.5		20		0	0	0.00	0.00
57.5 - 60.0		21		0	0	0.00	0.00
60.0 - 62.5		22		0	0	0.00	0.00
62.5 - 65.0		23		0	0	0.00	0.00
65.0 - 67.5		24		0	0	0.00	0.00
67.5 - 70.0		25		0	0	0.00	0.00
70.0 - 72.5		26		0	0	0.00	0.00
72.5 - 75.0		27		0	0	0.00	0.00
75.0 - 77.5		28		0	0	0.00	0.00
77.5 - 80.0		29		0	0	0.00	0.00
80.0 - 82.5		30		0	0	0.00	0.00
82.5 - 85.0		31		0	0	0.00	0.00
85.0 - 87.5		32		0	0	0.00	0.00
87.5 - 90.0		33		0	0	0.00	0.00
90.0 - 92.5		34		0	0	0.00	0.00
92.5 - 95.0		35		0	0	0.00	0.00
95.0 - 97.5		36		0	0	0.00	0.00
97.5 - 100.0		37		0	0	0.00	0.00
100.0 - 102.5		38		0	0	0.00	0.00
102.5 - 105.0		39		0	0	0.00	0.00
105.0 - 107.5		40		0	0	0.00	0.00
107.5 - 110.0		41		0	0	0.00	0.00
			325	1852	12892	100.00	
				5.73	39.67		

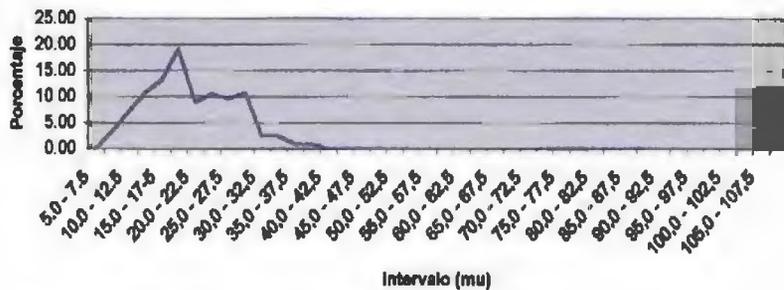
E1

E2

n=	325
E1=	5.73
E2=	39.67
A=	6.25
DIAMETRO X	20.57
D.S.	6.54
C.V	31.79



Curva de Distribución



DETERMINACION DE DIAMETRO - ASTM 2130-95  
 PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: BB -CEIBO

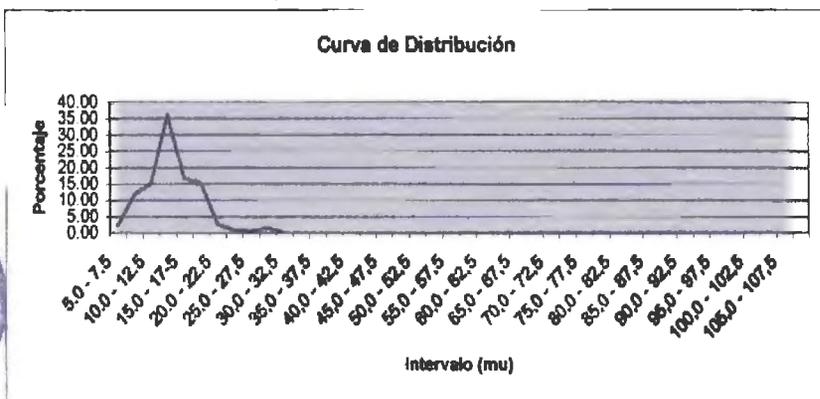
FECHA: 29/12/06

OPERADOR: ALONSO CASTRO

intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	oelda m=2.5	desde A, x	observada, f	fx	fx²		
5.0 - 7.5	6.25	0	6	0	0	2.27	0
7.5 - 10.0		1	31	31	31	11.74	11.74
10.0 - 12.5		2	40	80	180	15.15	26.89
12.5 - 15.0		3	95	285	855	35.98	82.88
15.0 - 17.5		4	84	178	704	16.67	79.55
17.5 - 20.0		5	40	200	1000	15.15	94.70
20.0 - 22.5		6	7	42	252	2.65	97.35
22.5 - 25.0		7	2	14	98	0.78	98.11
25.0 - 27.5		8	1	8	64	0.38	98.48
27.5 - 30.0		9	4	36	324	1.52	100.00
30.0 - 32.5		10		0	0	0.00	0.00
32.5 - 35.0		11		0	0	0.00	0.00
35.0 - 37.5		12		0	0	0.00	0.00
37.5 - 40.0		13		0	0	0.00	0.00
40.0 - 42.5		14		0	0	0.00	0.00
42.5 - 45.0		15		0	0	0.00	0.00
45.0 - 47.5		16		0	0	0.00	0.00
47.5 - 50.0		17		0	0	0.00	0.00
50.0 - 52.5		18		0	0	0.00	0.00
52.5 - 55.0		19		0	0	0.00	0.00
55.0 - 57.5		20		0	0	0.00	0.00
57.5 - 60.0		21		0	0	0.00	0.00
60.0 - 62.5		22		0	0	0.00	0.00
62.5 - 65.0		23		0	0	0.00	0.00
65.0 - 67.5		24		0	0	0.00	0.00
67.5 - 70.0		25		0	0	0.00	0.00
70.0 - 72.5		26		0	0	0.00	0.00
72.5 - 75.0		27		0	0	0.00	0.00
75.0 - 77.5		28		0	0	0.00	0.00
77.5 - 80.0		29		0	0	0.00	0.00
80.0 - 82.5		30		0	0	0.00	0.00
82.5 - 85.0		31		0	0	0.00	0.00
85.0 - 87.5		32		0	0	0.00	0.00
87.5 - 90.0		33		0	0	0.00	0.00
90.0 - 92.5		34		0	0	0.00	0.00
92.5 - 95.0		35		0	0	0.00	0.00
95.0 - 97.5		36		0	0	0.00	0.00
97.5 - 100.0		37		0	0	0.00	0.00
100.0 - 102.5		38		0	0	0.00	0.00
102.5 - 105.0		39		0	0	0.00	0.00
105.0 - 107.5		40		0	0	0.00	0.00
107.5 - 110.0		41		0	0	0.00	0.00
			264	872	3488	102.27	
				3.30	13.21		

E1 E2

n*	264
E1*	3.30
E2*	13.21
A*	6.25
DIAMETRO X	14.51
D.S.	3.79
C.V	26.15



DETERMINACION DE DIAMETRO - ASTM 2130-05  
 PROCEDENCIA LABORATORIO FIBRAS - POCA

MUESTRA: 9B - CEIBO

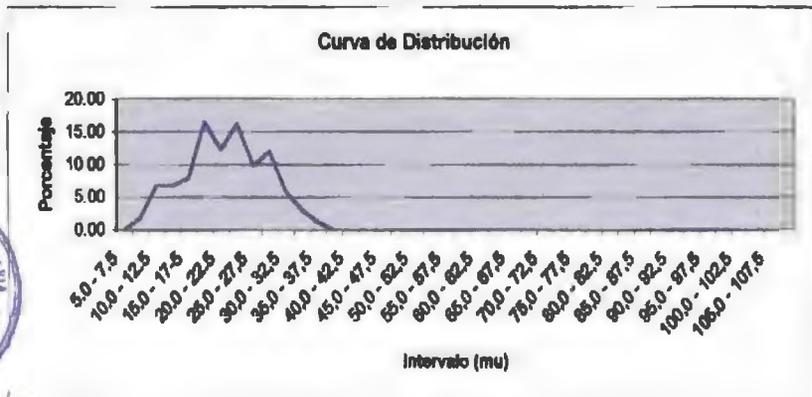
FECHA: 29/12/06

OPERADOR ALONSO CASTRO

Intervalo	A	desviacion	frecuencia	E1	E2	F1	F2
	celda m=2.5	desde A, x	observada, f	fx	fx <sup>2</sup>		
5.0 - 7.5	6.25		0	0	0	0.00	0
7.5 - 10.0			1	3	6	1.83	1.83
10.0 - 12.5			2	22	44	6.73	6.56
12.5 - 15.0			3	22	66	6.73	15.29
15.0 - 17.5			4	26	104	7.95	23.24
17.5 - 20.0			5	54	270	18.51	39.76
20.0 - 22.5			6	40	240	14.40	51.99
22.5 - 25.0			7	53	371	16.21	68.20
25.0 - 27.5			8	32	256	9.79	77.98
27.5 - 30.0			9	39	351	11.93	89.91
30.0 - 32.5			10	19	190	5.81	95.72
32.5 - 35.0			11	10	110	3.06	98.78
35.0 - 37.5			12	4	48	1.22	100.00
37.5 - 40.0			13		0	0.00	0.00
40.0 - 42.5			14		0	0.00	0.00
42.5 - 45.0			15		0	0.00	0.00
45.0 - 47.5			16		0	0.00	0.00
47.5 - 50.0			17		0	0.00	0.00
50.0 - 52.5			18		0	0.00	0.00
52.5 - 55.0			19		0	0.00	0.00
55.0 - 57.5			20		0	0.00	0.00
57.5 - 60.0			21		0	0.00	0.00
60.0 - 62.5			22		0	0.00	0.00
62.5 - 65.0			23		0	0.00	0.00
65.0 - 67.5			24		0	0.00	0.00
67.5 - 70.0			25		0	0.00	0.00
70.0 - 72.5			26		0	0.00	0.00
72.5 - 75.0			27		0	0.00	0.00
75.0 - 77.5			28		0	0.00	0.00
77.5 - 80.0			29		0	0.00	0.00
80.0 - 82.5			30		0	0.00	0.00
82.5 - 85.0			31		0	0.00	0.00
85.0 - 87.5			32		0	0.00	0.00
87.5 - 90.0			33		0	0.00	0.00
90.0 - 92.5			34		0	0.00	0.00
92.5 - 95.0			35		0	0.00	0.00
95.0 - 97.5			36		0	0.00	0.00
97.5 - 100.0			37		0	0.00	0.00
100.0 - 102.5			38		0	0.00	0.00
102.5 - 105.0			39		0	0.00	0.00
105.0 - 107.5			40		0	0.00	0.00
107.5 - 110.0			41		0	0.00	0.00
				327	2056	14988	100.00
					6.28	45.83	

E1 E2

n=	327
E1=	6.28
E2=	45.83
A=	6.25
DIAMETRO X	21.97
D.S	6.28
C.V.	28.57



## ANEXO 8

### DATOS ORIGINALES DEL ENSAYO DE TENSIÓN

Código	Lecturas (g)										Promedio (g)	Fuerza tensora (N)	Área sección transversal (mm <sup>2</sup> )	Tensión de ruptura (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10				
1A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.0098	0.000263	37.2437
2A	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1.2	0.0118	0.000220	53.4049
3A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.0098	0.000290	33.7653
4A	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2.1	0.0206	0.000320	64.3883
5A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.0098	0.000325	30.1806
6A	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.1	0.0108	0.000229	47.0811
7A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.0098	0.000282	34.7339
8A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.0098	0.000283	34.6242
9A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.0098	0.000269	36.4826
Promedio											1.156	0.0113	0.000276	41.0855
1B	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.2	0.0118	0.000384	30.6502
2B	2	1	1	2	3	1	2	1	3	2	1.8	0.0177	0.000292	60.4001
3B	1	1	2	1	2	1	3	2	1	2	1.6	0.0157	0.000147	107.0652
4B	1	1	1	1	3	1	2	2	1	1	1.4	0.0137	0.000130	105.7002
5B	1	2	1	2	2	2	2	1	2	1	1.6	0.0157	0.000453	34.6261
6B	1	1	1	2	4	1	4	2	1	1	1.8	0.0177	0.000154	114.6690
7B	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1.4	0.0137	0.000332	41.3132
8B	1	3	3	5	2	2	3	3	1	4	2.7	0.0265	0.000165	160.1248
9B	1	1	3	2	1	2	1	3	1	1	1.6	0.0157	0.000379	41.3894
Promedio											1.678	0.0165	0.000271	60.7759

## ANEXO 9

### RESULTADOS DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD

<b>Nivel altitudinal</b>	<b>Clase diamétrica</b>	<b>Código de muestra</b>	<b>Punto de descomposición térmica (° C)</b>	<b>Temperatura de Ignición (° C)</b>
Alto	cd 1	3A	255	282
		7A	255	276
		9A	260	282
	cd 2	2A	235	275
		4A	262	285
		5A	260	287
	cd 3	1A	255	268
		6A	260	274
		8A	260	292 (?)
Bajo	cd 1	1B	245	275
		3B	240	318 (?)
		6B	245	295
	cd 2	4B	230	264
		8B	235	270
		9B	230	290 (?)
	cd 3	2B	250	275
		5B	224	280
		7B	240	284

### COMPORTAMIENTO DETALLADO DE LOS ESPECÍMENES EN EL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD

<b>Código</b>	<b>1A</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
255	Comienza oscurecimiento
265	Se hace visible la emisión de humo
268	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa.

<b>Código</b>	<b>2A</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
235	Se percibe ligero olor
250	Comienza oscurecimiento. Aumenta el olor
265	Se hace visible la emisión de humo. Comienza ennegrecimiento
270	Abundante emisión de gases
275	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa.

<b>Código</b>	<b>3A</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
255	Se percibe ligero olor. Comienza oscurecimiento
265	Se hace visible la emisión de humo
275	Aumenta la emisión de humo
282	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa

<b>Código</b>	<b>4A</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
262	Se hace visible la emisión de humo
275	Comienza ennegrecimiento
285	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa

<b>Código</b>	<b>5A</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
260	Comienza oscurecimiento
270	Se hace visible la emisión de humo. Comienza ennegrecimiento
280	Aumenta la emisión de humo y el ennegrecimiento
287	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa

<b>Código</b>	<b>6A</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
260	Se percibe olor. Comienza oscurecimiento
265	Se hace visible la emisión de humo
274	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa

<b>Código</b>	<b>7A</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
255	Se percibe ligero olor
260	Comienza oscurecimiento.
265	Se hace visible la emisión de humo
270	Aumenta la emisión de humo. Comienza ennegrecimiento
276	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa

<b>Código</b>	<b>8A</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
260	Comienza oscurecimiento.
270	Se hace visible la emisión de humo
280	Comienza ennegrecimiento
285	Aumenta ennegrecimiento
292	¿Ignición? Comportamiento similar (abundante emisión de humo, descomposición rápida) sin presentar frente de reacción.
300	Cesa la emisión de humo
350	En la muestra totalmente descompuesta aparece frente incandescente

<b>Código</b>	<b>9A</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
260	Se percibe ligero olor
270	Se hace visible la emisión de humo. Comienza ennegrecimiento
280	Aumenta la emisión de humo y el ennegrecimiento
282	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa

<b>Código</b>	<b>1B</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Observaciones</b>
245	Oscurecimiento se hace visible
250	Empieza a ennegrecerse
260	Se aprecia olor
265	Se hace visible emisión de humo
275	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa. Abundante emisión de humo.

<b>Código</b>	<b>2B</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Observaciones</b>
250	Se aprecia olor y oscurecimiento ligeros
255	Progresivo oscurecimiento. Olor suave
270	Empieza a ennegrecerse. No hay humo visible aún
275	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa. Emisión de humo se hace visible

<b>Código</b>	<b>3B</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Observaciones</b>
240	Se percibe ligero cambio de color (comienza oscurecimiento)
250	Se percibe ligero olor
270	Se hace visible la salida de humo.
290	Comienza ennegrecimiento
300	Aumenta ennegrecimiento
318	¿Ignición? (abundante emisión de gases, no hay frente incandescente) Se aprecia descomposición completa en parte de la muestra
325	Ennegrecimiento continúa, emisión de humo disminuye
345	Nuevamente aumenta la emisión de humo, desde la parte inferior de la muestra
350	La parte superior de la muestra está totalmente descompuesta. Disminuyen el humo
370	Nuevamente emite humo
458	Destrucción total de la muestra (aparece frente incandescente). Quedaron las cenizas

<b>Código</b>	<b>4B</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
230	Se percibe olor y oscurecimiento ligeros
245	Aumenta oscurecimiento
250	Comienza ennegrecimiento
255	Se hace visible la emisión de humo
264	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa

<b>Código</b>	<b>5B</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
224	Se percibe olor y oscurecimiento
240	Comienza ennegrecimiento
270	La muestra está parcialmente negra
280	Ignición en la parte superior de la muestra. Gran emisión de humo
340	Ignición en la parte inferior de la muestra. Descomposición completada
-	La muestra continúa reaccionando una vez extraída de la mufla

<b>Código</b>	<b>6B</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
245	Es visible la emisión de humo
265	Oscurecimiento. Aumenta progresivamente la emisión de humo
275	La muestra se ha oscurecido
285	Comienza a ennegrecerse
295	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa

<b>Muestra</b>	<b>7B</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
240	Comienza oscurecimiento
250	Se percibe ligero olor. Continúa oscureciéndose
255	El olor se hace más fuerte
270	Empieza a ennegrecerse
275	Se hace visible la emisión de humo, en escasa cantidad
284	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa

<b>Código</b>	<b>8B</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
235	Comienza oscurecimiento
250	Comienza ennegrecimiento
260	Se hace visible la emisión de humo
265	Aumenta la emisión de humo
270	Ignición: aparecen líneas incandescentes (frente de combustión) que recorren toda la masa, produciendo su descomposición completa

<b>Código</b>	<b>9B</b>
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Observaciones</b>
230	Se percibe ligero olor
250	Empieza oscurecimiento. Aumenta el olor
265	Comienza ennegrecimiento
275	Se hace visible la emisión de humo
280	Aumenta ennegrecimiento
290	¿Ignición? Comportamiento similar (abundante emisión de humo, descomposición rápida) sin presentar líneas o "frentes" incandescentes
295	El aspecto de la muestra es de total descomposición. Disminuye la emisión de humo
310	Aparece frente incandescente

## ANEXO 10

### DATOS ORIGINALES DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

<b>Código</b>	<b>1A</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0011	1.0075	0.9993	1.0058	1.0034
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.6063	3.7449	3.6096	3.5040	
Peso m+bolsa húmeda (1)	6.8339	7.3375	7.2333	6.9107	
Peso m húmeda (1)	2.1228	1.9429	2.0377	2.0374	2.0352
Peso m+bolsa húmeda (2)	7.5251	7.5668	7.6059	7.2392	
Peso m húmeda (2)	2.6318	2.4112	2.5730	2.6152	2.5578
Peso m+bolsa húmeda (3)	7.4318	7.3481	7.3956	7.2563	
Peso m húmeda (3)	3.0344	2.8177	3.0087	3.2216	3.0206
Peso m+bolsa húmeda (4)	8.5552	8.2758	8.2358	8.1451	
Peso m húmeda (4)	3.4741	3.1082	3.3318	3.6307	3.3862
Peso m centrifugada (5)	3.0018	2.6695	2.8815	3.0619	2.9037
Absorción al término del ensayo (%)	247.03	208.51	233.41	260.98	237.46
Agua libre al término del ensayo (%)	47.18	43.54	45.06	56.55	48.08

<b>Código</b>	<b>2A</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0030	0.9992	1.0056	0.9991	1.0017
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.7433	3.7730	3.4497	3.5601	
Peso m+bolsa húmeda (1)	7.9472	7.6927	6.6844	7.0047	
Peso m húmeda (1)	2.6752	2.0953	2.0584	1.8608	2.1724
Peso m+bolsa húmeda (2)	9.5755	8.3860	7.5672	7.4522	
Peso m húmeda (2)	3.7921	2.6566	2.9294	2.3980	2.9440
Peso m+bolsa húmeda (3)	10.2604	8.8746	8.3832	8.0365	
Peso m húmeda (3)	4.6180	3.1720	3.6166	2.9565	3.5908
Peso m+bolsa húmeda (4)	10.3899	9.1040	8.7983	8.0852	
Peso m húmeda (4)	5.2898	3.6869	4.2064	3.3668	4.1375
Peso m centrifugada (5)	3.8438	3.1349	3.3617	2.8811	3.3054
Absorción al término del ensayo(%)	427.40	268.99	318.30	236.98	313.04
Agua libre al término del ensayo (%)	144.17	55.24	84.00	48.61	83.01

<b>Código</b>	<b>3A</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0023	1.0040	1.0010	1.0081	1.0039
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.6156	3.7166	3.6398	3.5030	
Peso m+bolsa húmeda (1)	7.0220	7.5822	6.7917	6.9283	
Peso m húmeda (1)	2.0736	2.2040	1.8751	2.3636	2.1291
Peso m+bolsa húmeda (2)	8.2131	8.3723	7.9955	8.3829	
Peso m húmeda (2)	2.9706	2.8375	2.6704	3.4393	2.9795
Peso m+bolsa húmeda (3)	8.5282	8.1951	7.9940	8.3987	
Peso m húmeda (3)	3.6882	3.3560	3.2762	4.1404	3.6152
Peso m+bolsa húmeda (4)	9.2912	9.0631	8.7312	9.0223	
Peso m húmeda (4)	4.4198	3.9732	3.9939	4.6828	4.2674
Peso m centrifugada (5)	3.5171	3.2469	3.3473	3.8301	3.4854
Absorción al término del ensayo (%)	340.97	295.74	298.99	364.52	325.11
Agua libre al término del ensayo (%)	90.06	72.34	64.60	84.58	77.90

<b>Código</b>	<b>4A</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0012	1.0078	1.0085	1.0041	1.0054
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.7506	3.7834	3.4587	3.5725	
Peso m+bolsa húmeda (1)	6.8365	6.9328	6.6347	7.0556	
Peso m húmeda (1)	1.5818	1.5762	1.7075	1.8741	1.6849
Peso m+bolsa húmeda (2)	7.4233	7.1677	6.6702	7.1745	
Peso m húmeda (2)	1.7782	1.7764	1.9120	2.0617	1.8821
Peso m+bolsa húmeda (3)	6.0732	6.4055	5.9971	6.3540	
Peso m húmeda (3)	1.8684	1.9597	2.0673	2.2078	2.0258
Peso m+bolsa húmeda (4)	7.1281	6.8769	6.9765	7.5531	
Peso m húmeda (4)	2.0364	2.1169	2.2666	2.4043	2.2061
Peso m centrifugada (5)	1.7632	1.8827	2.0313	2.1528	1.9575
Absorción al término del ensayo (%)	103.40	110.05	124.75	139.45	119.41
Agua libre al término del ensayo (%)	27.29	23.24	23.33	25.05	24.73
Observaciones	La fibra presentaba impurezas. Espécimen "a" dio masa constante en (3)				

<b>Código</b>	<b>5A</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0046	1.0019	1.0051	1.0008	1.0031
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.6336	3.7406	3.6459	3.3920	
Peso m+bolsa húmeda (1)	6.6578	6.9543	7.2545	7.1680	
Peso m húmeda (1)	2.1914	1.7969	1.9768	2.1896	2.0387
Peso m+bolsa húmeda (2)	7.9048	7.5512	7.6601	7.2466	
Peso m húmeda (2)	2.8077	2.1771	2.5964	2.7774	2.5897
Peso m+bolsa húmeda (3)	7.3845	6.7275	6.8967	6.2500	
Peso m húmeda (3)	3.2564	2.5175	2.8766	3.2442	2.9737
Peso m+bolsa húmeda (4)	8.8986	7.9815	8.2620	8.4456	
Peso m húmeda (4)	3.9605	2.9192	3.4737	3.8724	3.5565
Peso m centrifugada (5)	3.3027	2.4835	2.8361	3.2066	2.9572
Absorción al término del ensayo (%)	294.24	191.37	245.61	286.93	254.55
Agua libre al término del ensayo (%)	65.48	43.49	63.44	66.53	59.73

<b>Código</b>	<b>6A</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0036	1.0058	0.9993	1.0068	1.0039
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.7494	3.7655	3.4507	3.5004	
Peso m+bolsa húmeda (1)	7.1252	7.1957	6.2545	6.7343	
Peso m húmeda (1)	1.6684	1.6849	1.6063	1.7912	1.6877
Peso m+bolsa húmeda (2)	8.3532	7.8795	7.3441	7.6924	
Peso m húmeda (2)	2.3169	2.0529	2.0148	2.2990	2.1709
Peso m+bolsa húmeda (3)	8.9349	8.0176	7.8283	8.1558	
Peso m húmeda (3)	3.0239	2.4016	2.6223	2.7793	2.7068
Peso m+bolsa húmeda (4)	9.9205	8.9519	8.4244	8.9642	
Peso m húmeda (4)	3.7229	2.9765	3.1455	3.3208	3.2914
Peso m centrifugada (5)	2.6969	2.3357	2.4423	2.4545	2.4824
Absorción al término del ensayo (%)	270.95	195.93	214.77	229.84	227.87
Agua libre al término del ensayo (%)	102.23	63.71	70.37	86.04	80.59

<b>Código</b>	<b>7A</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0045	0.9990	1.0038	1.0062	1.0034
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.6435	3.7350	3.6449	3.5043	
Peso m+bolsa húmeda (1)	8.2733	8.9477	6.9851	6.2988	
Peso m húmeda (1)	3.1517	3.6824	2.0404	2.0125	2.7218
Peso m+bolsa húmeda (2)	9.8370	10.6968	8.0714	7.5462	
Peso m húmeda (2)	4.2885	5.0948	2.6893	2.5399	3.6531
Peso m+bolsa húmeda (3)	9.9141	10.9741	7.9489	7.0122	
Peso m húmeda (3)	5.0777	5.9075	3.1466	2.8481	4.2450
Peso m+bolsa húmeda (4)	10.9540	12.3213	9.0092	7.8633	
Peso m húmeda (4)	5.7687	6.6405	3.6235	3.2406	4.8183
Peso m centrifugada (5)	3.9075	4.2120	2.9224	2.6461	3.4220
Absorción al término del ensayo (%)	474.29	564.71	260.98	222.06	380.21
Agua libre al término del ensayo (%)	185.29	243.09	69.84	59.08	139.33

<b>Código</b>	<b>8A</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0024	1.0067	0.9993	1.0063	1.0037
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.6779	3.7552	3.5300	3.5022	
Peso m+bolsa húmeda (1)	6.9796	7.2666	6.7439	6.8225	
Peso m húmeda (1)	1.8956	1.8139	1.8180	1.9143	1.8605
Peso m+bolsa húmeda (2)	8.0228	7.7232	7.4690	7.4658	
Peso m húmeda (2)	2.4744	2.2321	2.2938	2.4571	2.3644
Peso m+bolsa húmeda (3)	8.1830	7.6825	7.6118	7.7061	
Peso m húmeda (3)	3.0292	2.6094	2.8155	3.0005	2.8637
Peso m+bolsa húmeda (4)	9.2377	8.6136	8.3306	8.5545	
Peso m húmeda (4)	3.5985	3.0424	3.2386	3.4752	3.3387
Peso m centrifugada (5)	2.8491	2.5026	2.6619	2.7582	2.6930
Absorción al término del ensayo (%)	258.99	202.22	224.09	245.34	232.65
Agua libre al término del ensayo (%)	74.76	53.62	57.71	71.25	64.34

<b>Código</b>	<b>9A</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0004	1.0006	0.9994	1.0035	1.0010
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.7225	3.7803	3.4521	3.5748	
Peso m+bolsa húmeda (1)	7.2112	7.4945	7.1155	7.6899	
Peso m húmeda (1)	1.4241	1.5244	2.1227	2.4119	1.8708
Peso m+bolsa húmeda (2)	7.8521	8.0099	8.2228	8.9159	
Peso m húmeda (2)	1.8122	1.7132	2.8231	3.4440	2.4481
Peso m+bolsa húmeda (3)	8.3196	8.1329	8.7780	9.9146	
Peso m húmeda (3)	2.0147	1.9833	3.5218	4.3737	2.9734
Peso m+bolsa húmeda (4)	8.6308	8.7150	9.6714	11.1587	
Peso m húmeda (4)	2.3540	2.3031	4.3006	5.3702	3.5820
Peso m centrifugada (5)	1.7346	1.7218	3.0628	3.6888	2.5520
Absorción al término del ensayo (%)	135.31	130.17	330.32	435.15	257.85
Agua libre al término del ensayo (%)	61.92	58.10	123.85	167.55	102.85
Observaciones	"a" y "b": fibra limpia; "c" y "d": fibra deteriorada y menos madura				

<b>Código</b>	<b>1B</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0020	1.0059	1.0052	1.0067	1.0050
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.6740	3.6639	3.4215	3.5673	
Peso m+bolsa húmeda (1)	6.9307	7.2239	6.3325	6.7181	
Peso m húmeda (1)	1.4955	1.5989	1.7298	1.4695	1.5734
Peso m+bolsa húmeda (2)	7.3561	7.3865	6.9210	6.9362	
Peso m húmeda (2)	1.9310	1.8762	2.0174	1.8516	1.9191
Peso m+bolsa húmeda (3)	7.5235	7.5293	6.8838	6.9540	
Peso m húmeda (3)	2.2095	2.0911	2.3167	2.0574	2.1687
Peso m+bolsa húmeda (4)	8.3165	7.8565	7.6555	7.5077	
Peso m húmeda (4)	2.5546	2.2920	2.6126	2.3008	2.4400
Peso m centrifugada (5)	2.2220	2.0369	2.2975	2.0455	2.1505
Absorción al término del ensayo (%)	154.95	127.86	159.91	128.55	142.80
Agua libre al término del ensayo (%)	33.19	25.36	31.35	25.36	28.82

<b>Código</b>	<b>2B</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	0.9993	1.0066	1.0076	1.0036	1.0043
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.6359	3.7505	3.5649	3.4998	
Peso m+bolsa húmeda (1)	6.8575	6.8993	6.8429	6.6622	
Peso m húmeda (1)	1.7961	1.7364	1.6480	1.8297	1.7526
Peso m+bolsa húmeda (2)	7.9803	7.9909	7.8010	7.0981	
Peso m húmeda (2)	2.1463	2.0356	1.9391	2.0936	2.0537
Peso m+bolsa húmeda (3)	6.9711	6.8478	6.5726	6.5584	
Peso m húmeda (3)	2.4338	2.2776	2.2038	2.3683	2.3209
Peso m+bolsa húmeda (4)	8.0341	7.7940	6.9531	7.6054	
Peso m húmeda (4)	2.8571	2.5741	2.4851	2.7646	2.6702
Peso m centrifugada (5)	2.4819	2.2255	2.1619	2.3799	2.3123
Absorción al término del ensayo (%)	185.91	155.72	146.64	175.47	165.89
Agua libre al término del ensayo (%)	37.55	34.63	32.08	38.33	35.65

<b>Código</b>	<b>3B</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0001	1.0030	0.9994	1.0042	1.0017
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.6330	3.6830	3.6384	3.4931	
Peso m+bolsa húmeda (1)	6.5499	6.8999	6.6267	6.2968	
Peso m húmeda (1)	1.2705	1.2671	1.3459	1.2612	1.2862
Peso m+bolsa húmeda (2)	7.1263	7.1003	7.2260	6.8897	
Peso m húmeda (2)	1.3799	1.3513	1.5403	1.8013	1.5182
Peso m+bolsa húmeda (3)	6.4955	6.9985	6.9887	6.7526	
Peso m húmeda (3)	1.4434	1.4085	1.6145	1.9250	1.5979
Peso m centrifugada (4)	1.3012	1.2694	1.4433	1.7505	1.4411
Capacidad de absorción (%)	44.3256	40.4287	61.5469	91.6949	59.4990
Cantidad de agua libre en la capacidad de absorción (%)	14.21858	13.86839	17.13028	17.37702	15.6486
Observaciones	"a" y "b" en perfecto estado, "c" y "d" ligeramente amarillentos. "d" no alcanzó masa constante, al contrario de los otros 3 especímenes				

<b>Código</b>	<b>4B</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0061	1.0091	1.0051	1.0066	1.0067
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.7621	3.7600	3.4551	3.5691	
Peso m+bolsa húmeda (1)	6.9754	7.1640	6.4361	6.7026	
Peso m húmeda (1)	1.5163	1.4945	1.5638	1.5760	1.5377
Peso m+bolsa húmeda (2)	7.2458	7.1382	6.7213	6.9671	
Peso m húmeda (2)	1.7754	1.6570	1.7876	1.8411	1.7653
Peso m+bolsa húmeda (3)	7.4822	7.6639	6.9518	6.9546	
Peso m húmeda (3)	2.0033	1.9168	2.0153	2.0343	1.9924
Peso m+bolsa húmeda (4)	7.9772	7.9212	7.1738	7.1895	
Peso m húmeda (4)	2.2428	2.1274	2.2308	2.2113	2.2031
Peso m centrifugada (5)	1.8742	1.8579	1.8827	1.9086	1.8809
Absorción al término del ensayo (%)	122.92	110.82	121.95	119.68	118.84
Agua libre al término del ensayo (%)	36.64	26.71	34.63	30.07	32.01

<b>Código</b>	<b>5B</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0079	1.0065	1.0047	1.0035	1.0057
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.6411	3.7468	3.6446	3.5000	
Peso m+bolsa húmeda (1)	6.4497	6.8431	6.5876	6.3294	
Peso m húmeda (1)	1.5025	1.6767	1.5069	1.5316	1.5544
Peso m+bolsa húmeda (2)	6.4740	7.0177	6.6077	6.3469	
Peso m húmeda (2)	1.6910	1.9415	1.7604	1.7514	1.7861
Peso m+bolsa húmeda (3)	6.5104	7.2291	6.5743	6.2058	
Peso m húmeda (3)	1.8523	2.1504	1.9120	1.8940	1.9522
Peso m+bolsa húmeda (4)	7.0372	7.7938	6.8973	6.7456	
Peso m húmeda (4)	2.0136	2.3466	2.0834	2.0349	2.1196
Peso m centrifugada (5)	1.8331	2.0894	1.8677	1.8645	1.9137
Absorción al término del ensayo (%)	99.78	133.14	107.37	102.78	110.77
Agua libre al término del ensayo (%)	17.91	25.55	21.47	16.98	20.48

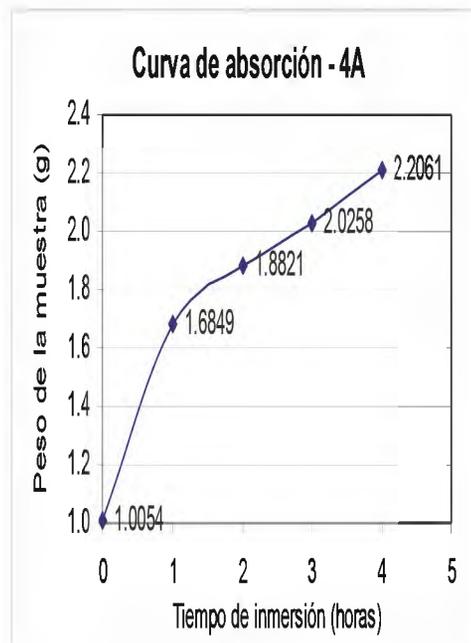
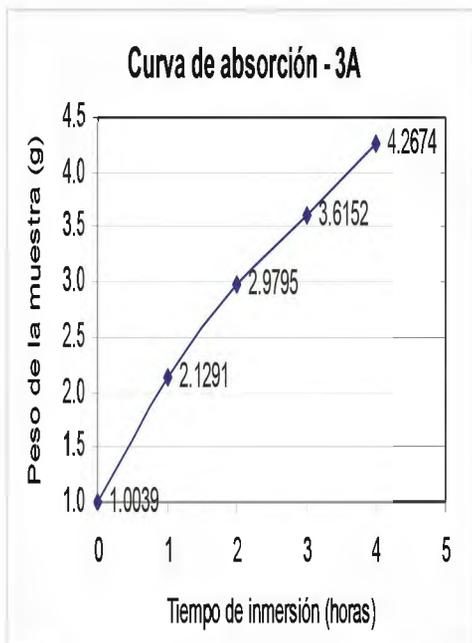
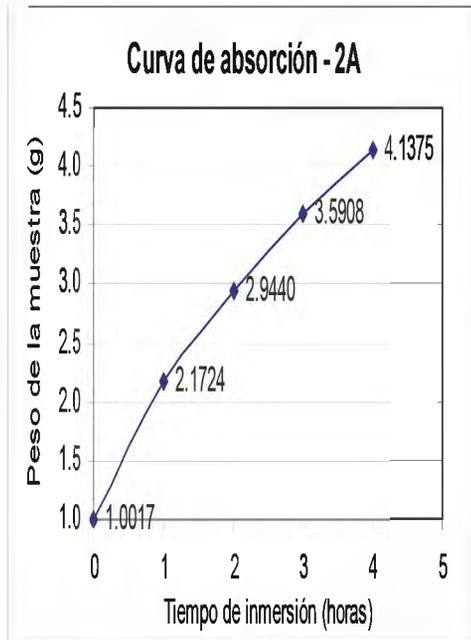
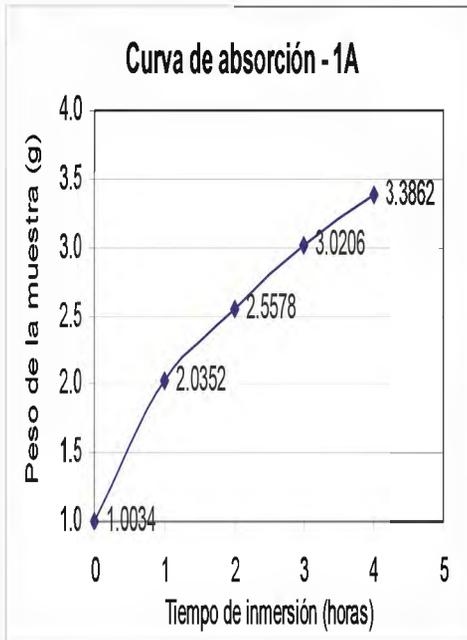
<b>Código</b>	<b>6B</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0099	1.0092	1.0092	1.0043	1.0082
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.7585	3.7767	3.4574	3.5711	
Peso m+bolsa húmeda (1)	7.5638	7.4260	6.8417	7.8194	
Peso m húmeda (1)	2.2081	1.8504	2.0061	2.7674	2.2080
Peso m+bolsa húmeda (2)	8.7897	7.8766	7.5757	8.4256	
Peso m húmeda (2)	3.1582	2.3621	2.7058	3.3930	2.9048
Peso m+bolsa húmeda (3)	8.8836	8.1908	8.2050	9.5227	
Peso m húmeda (3)	3.8426	2.7888	3.5459	4.2875	3.6162
Peso m+bolsa húmeda (4)	10.2335	8.9624	9.4121	10.8275	
Peso m húmeda (4)	4.6820	3.2773	4.3738	5.4432	4.4441
Peso m centrifugada (5)	3.9401	2.7565	3.6464	4.6295	3.7431
Absorción al término del ensayo (%)	363.61	224.74	333.39	441.99	340.81
Agua libre al término del ensayo (%)	73.46	51.61	72.08	81.02	69.54

<b>Código</b>	<b>7B</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0016	1.0007	1.0033	1.0008	1.0016
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.7533	3.7754	3.4530	3.4218	
Peso m+bolsa húmeda (1)	7.3066	7.3813	6.5119	6.6480	
Peso m húmeda (1)	1.6433	1.7408	1.7198	1.6466	1.6876
Peso m+bolsa húmeda (2)	7.3954	7.7055	6.7713	6.6848	
Peso m húmeda (2)	1.8792	2.0336	2.0158	1.8630	1.9479
Peso m+bolsa húmeda (3)	7.3986	7.8056	6.7922	6.7048	
Peso m húmeda (3)	2.0633	2.3222	2.2103	2.0018	2.1494
Peso m centrifugada (4)	1.8061	2.0718	1.9642	1.7949	1.9093
Absorción al término del ensayo (%)	106.00	132.06	120.30	100.02	114.60
Agua libre al término del ensayo (%)	25.68	25.02	24.53	20.67	23.98

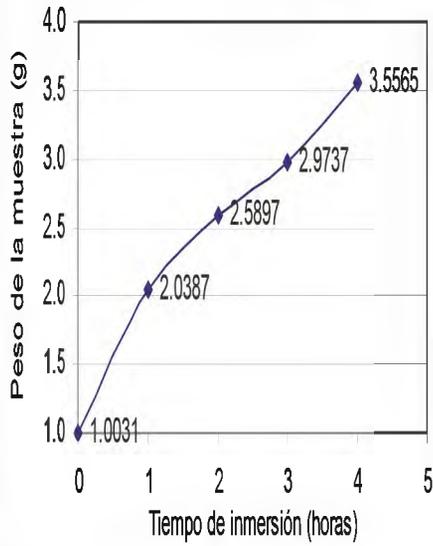
<b>Código</b>	<b>8B</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0091	1.0077	1.0035	1.0065	1.0067
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.6534	3.7577	3.5506	3.5117	
Peso m+bolsa húmeda (1)	7.3516	7.0793	6.8713	6.2828	
Peso m húmeda (1)	2.0955	1.7379	1.9009	1.7734	1.8769
Peso m+bolsa húmeda (2)	7.1590	6.9114	6.8461	6.5334	
Peso m húmeda (2)	2.3216	1.8829	2.1696	1.8631	2.0593
Peso m+bolsa húmeda (3)	6.9714	6.6469	7.0688	6.1586	
Peso m húmeda (3)	2.4293	2.0216	2.4313	2.1154	2.2494
Peso m centrifugada (4)	2.1017	1.7815	2.1847	1.8981	1.9915
Absorción al término del ensayo (%)	140.74	100.62	142.28	110.17	123.44
Agua libre al término del ensayo (%)	32.46	23.83	24.57	21.59	25.61
Observaciones	"a" aparentó masa constante en (3); "d" aparentó masa constante en (2)				

<b>Código</b>	<b>9B</b>				
<b>Especímenes</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra seca (0)	1.0073	0.9995	1.0075	1.0080	1.0056
Peso muestra+bolsa seca (0)	3.7660	3.7469	3.4665	3.5878	
Peso m+bolsa húmeda (1)	7.4626	7.1078	6.4712	6.8870	
Peso m húmeda (1)	1.5964	1.5518	1.6268	1.5250	1.5750
Peso m+bolsa húmeda (2)	7.8800	7.4652	6.6988	6.6337	
Peso m húmeda (2)	1.9449	1.8059	1.8800	1.7186	1.8374
Peso m+bolsa húmeda (3)	7.4929	7.3815	7.0218	7.0033	
Peso m húmeda (3)	2.1088	1.9363	2.0770	1.9032	2.0063
Peso m+bolsa húmeda (4)	7.7694	7.4729	7.1145	7.4029	
Peso m húmeda (4)	2.3509	2.0442	2.2846	2.093	2.1932
Peso m+bolsa húmeda (5)	8.3020	7.7696	7.5743	7.4234	
Peso m húmeda (5)	2.6925	2.2063	2.5552	2.2328	2.4217
Peso m centrifugada (6)	2.2318	1.9300	2.0871	1.9222	2.0428
Absorción al término del ensayo (%)	167.30	120.74	153.62	121.51	140.83
Agua libre al término del ensayo (%)	45.74	27.64	46.46	30.81	37.66
Observaciones	"b" aparentó masa constante en (4)				

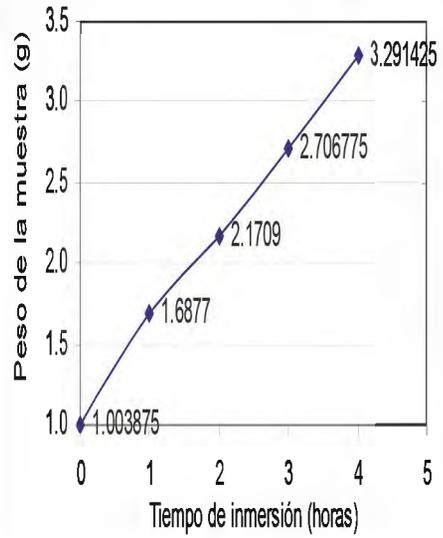
## CURVAS DE ABSORCIÓN



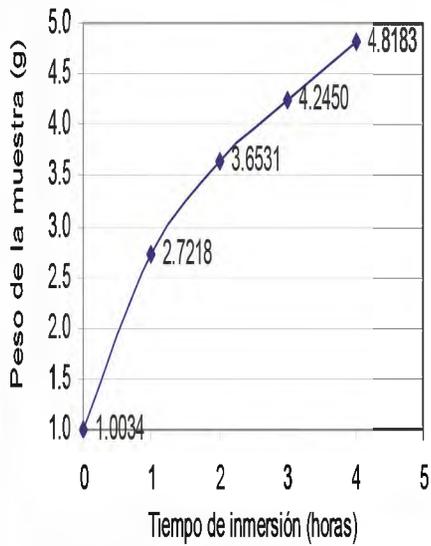
Curva de absorción - 5A



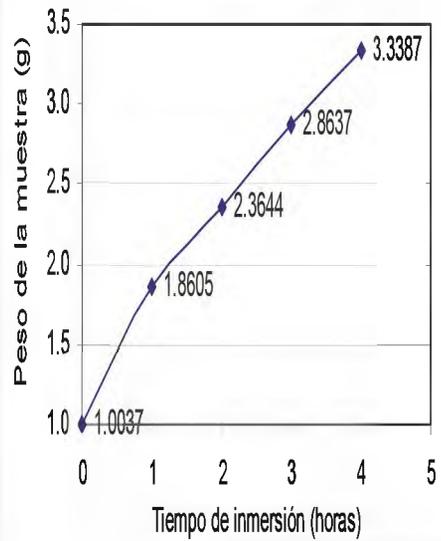
Curva de absorción - 6A



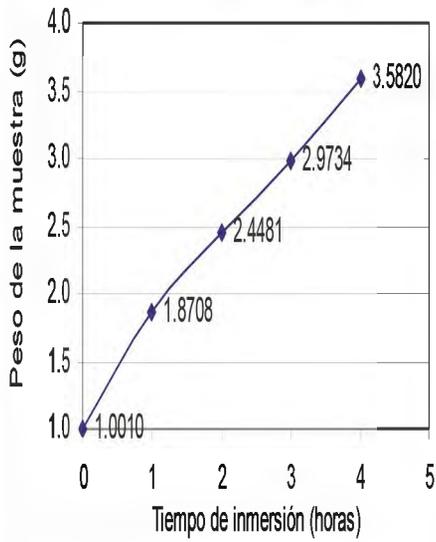
Curva de absorción - 7A



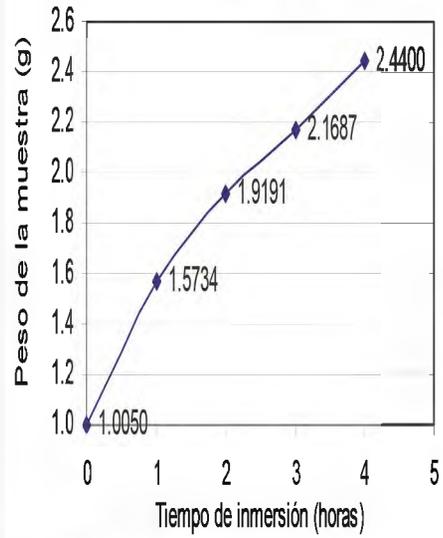
Curva de absorción - 8A



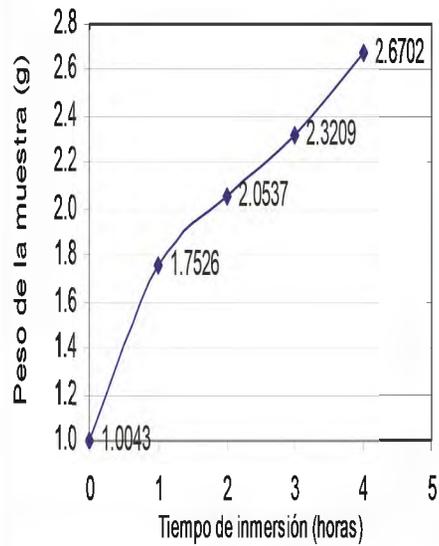
**Curva de absorción - 9A**



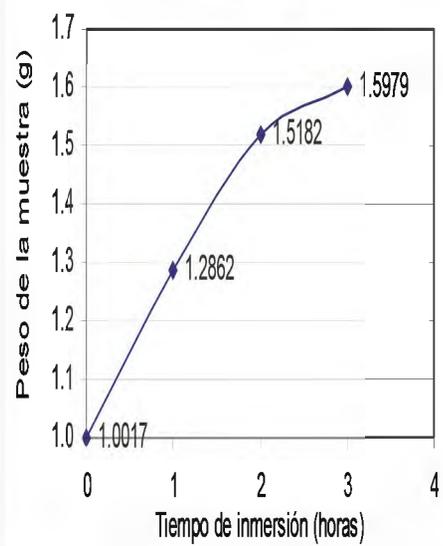
**Curva de absorción - 1B**



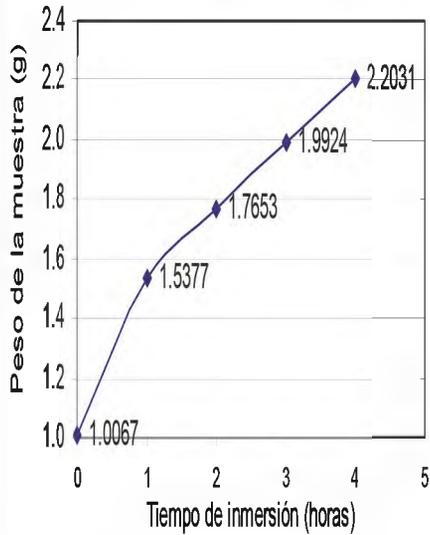
**Curva de absorción - 2B**



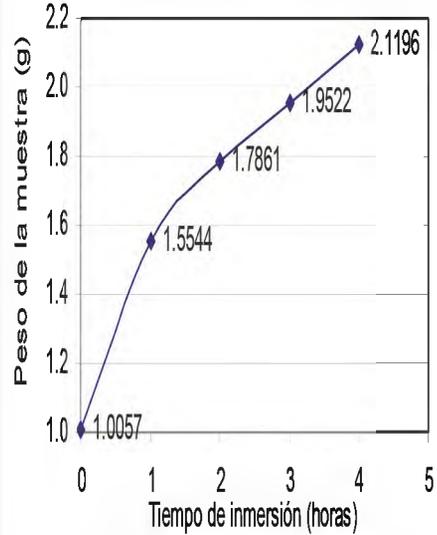
**Curva de absorción - 3B**



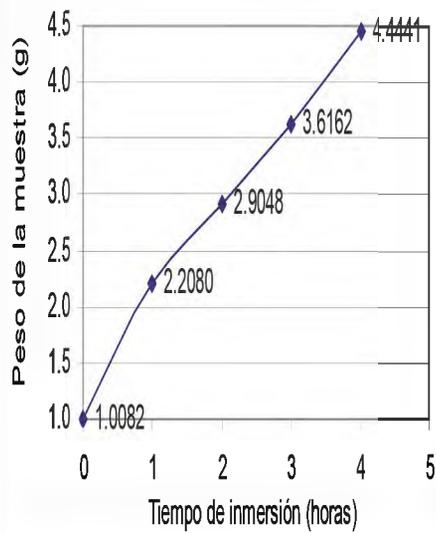
**Curva de absorción - 4B**



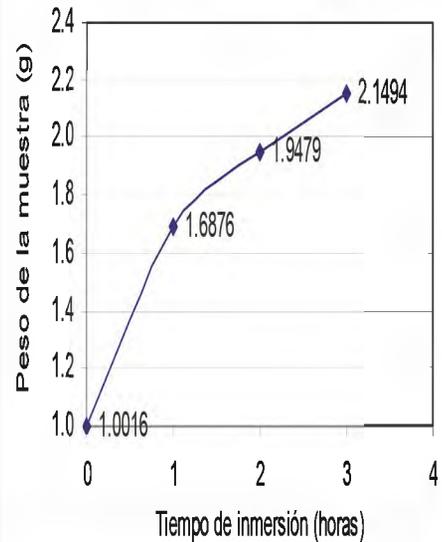
**Curva de absorción - 5B**

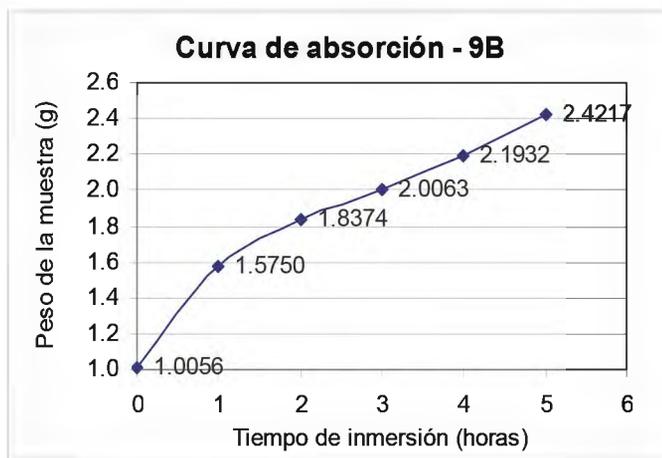
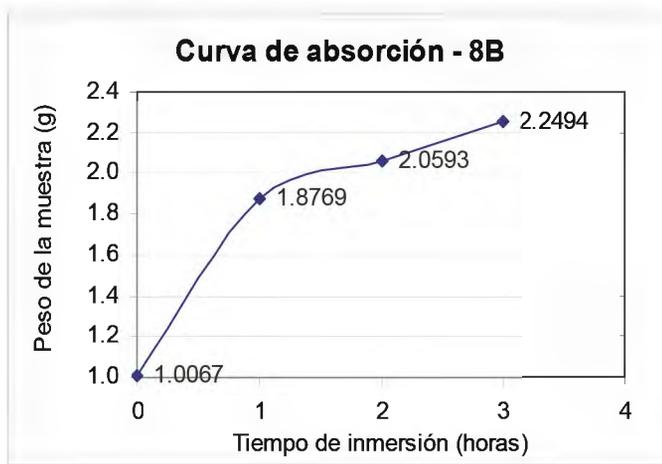


**Curva de absorción - 6B**



**Curva de absorción - 7B**





## ANEXO 11

### CUADRO RESUMEN DE RENDIMIENTO Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS

Nivel altitudinal	Clase diamétrica	Código de individuo	Rendimiento de fibras promedio (%)	Longitud de mecha promedio (mm)	Diámetro promedio (micrómetros)	Tensión de ruptura promedio (N/mm <sup>2</sup> )	Inflamabilidad		Absorción promedio (% al finalizar el ensayo)
							Punto de descomposición térmica (° C)	Temperatura de Ignición (° C)	
Alto	cd 1	3A	4.58	21.65	19.23	33.765346	255	282	325.11
	cd 1	7A	6.24	22.3	18.96	34.733865	255	276	380.21
	cd 1	9A	7.24	20.95	18.5	36.482645	260	282	257.85
	cd 2	2A	12.78	34.05	16.75	53.404936	235	275	313.04
	cd 2	4A	3.41	24.85	20.18	64.388269	262	285	119.41
	cd 2	5A	6.13	24.9	20.34	30.180601	260	287	254.55
	cd 3	1A	7.86	32.35	18.31	37.243723	255	268	237.46
	cd 3	6A	5.87	24.65	17.08	47.081114	260	274	227.87
	cd 3	8A	6.21	20.3	18.99	34.624208	260	292	232.65
Bajo	cd 1	1B	8.80	29.15	22.11	30.650216	245	275	142.80
	cd 1	3B	11.13	35.85	13.66	107.065207	240	318?	59.50
	cd 1	6B	8.32	25.9	14	114.669049	245	295	340.81
	cd 2	4B	8.79	34.3	12.86	105.700217	230	264	118.84
	cd 2	8B	8.47	35.35	14.51	160.124843	235	270	123.44
	cd 2	9B	6.88	35.9	21.97	41.389449	230	290?	140.83
	cd 3	2B	7.96	31.7	19.29	60.400124	250	275	165.89
	cd 3	5B	7.93	36.3	24.02	34.626114	224	280	110.77
	cd 3	7B	10.51	32.85	20.57	41.313238	240	284	114.60

## ANEXO 12

### ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Class	Levels	Values		
A (altitud)	2	A, B		
C (clase)	3	C1, C2, C3	Number of observations	18

#### A. RENDIMIENTO

Source	DF	Sums of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	5	24.81545000	4.96309000	0.94	0.4897	NS
Error	12	63.34700000	5.27891667			
Corrected Total	17	88.16245000				

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Y Mean
0.281474	29.72943	2.297589	7.728333

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
A	1	18.95227222	18.95227222	3.59	0.0825	NS
C	2	0.00210000	0.00105000	0.00	0.9998	NS
A*C	2	5.86107778	2.93053889	0.56	0.5881	NS

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

Alpha	0.05	Error Mean Square	5.278917
Error Degrees of Freedom	12	Critical Value of Studentized Range	3.08132

Minimum Significant Difference 2.3599

	<u>Mean</u>	<u>N°</u>	<u>Altitud</u>
--	-------------	-----------	----------------

A	8.754	9	B
---	-------	---	---

A	6.702	9	A	Means with the same letter are not significantly different.
---	-------	---	---	---

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

Alpha 0.05 Error Degrees of Freedom 12

Error Mean Square 5.278917 Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 3.5388

	<u>Mean</u>	<u>N°</u>	<u>Clase</u>
--	-------------	-----------	--------------

A	7.743	6	C2
---	-------	---	----

A	7.723	6	C3
---	-------	---	----

A	7.718	6	C1	Means with the same letter are not significantly different.
---	-------	---	----	---

Level of Level of -----Y-----

<u>Altitud</u>	<u>Clase</u>	<u>N°</u>	<u>Mean</u>	<u>Std Dev</u>
----------------	--------------	-----------	-------------	----------------

A	C1	3	6.02000000	1.34357731
---	----	---	------------	------------

A	C2	3	7.44000000	4.82040455
---	----	---	------------	------------

A	C3	3	6.64666667	1.06444039
---	----	---	------------	------------

B	C1	3	9.41666667	1.50307463
---	----	---	------------	------------

B	C2	3	8.04666667	1.02295324
---	----	---	------------	------------

B	C3	3	8.80000000	1.48097941
---	----	---	------------	------------

## B. LONGITUD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	381.1977778	76.2395556	4.67	0.0134 *
Error	12	195.7733333	16.3144444		
Corrected Total	17	576.9711111			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Y Mean
0.660688	13.89338	4.039114	29.07222

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A	1	282.4272222	282.4272222	17.31	0.0013 **
C	2	97.2536111	48.6268056	2.98	0.0889 NS
A*C	2	1.5169444	0.7584722	0.05	0.9547 NS

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

Alpha	0.05	Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	16.31444	Critical Value of Studentized Range	3.08132
Minimum Significant Difference 4.1486			

	Mean	N°	Altitud
--	------	----	---------

A	33.033	9	Bajo
---	--------	---	------

B	25.111	9	Alto
---	--------	---	------

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan's Multiple Range Test for Y

Alpha	0.05	Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	16.31444		
Number of Means	2	3	
Critical Range	5.081	5.318	

	<u>Mean</u>	<u>N</u>	<u>Clase</u>
--	-------------	----------	--------------

A	31.558	6	C2
B A	29.692	6	C3
B	25.967	6	C1

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

Alpha	0.05	Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	16.31444	Critical Value of Studentized Range	3.77278
Minimum Significant Difference	6.2212		

	<u>Mean</u>	<u>N°</u>	<u>Clase</u>
--	-------------	-----------	--------------

A	31.558	6	C2
A	29.692	6	C3
A	25.967	6	C1

Means with the same letter are not significantly different

Level of Altitud	Level of Clase	N°	-----Y----- Mean	Std Dev
A	C1	3	21.6333333	0.67515430
A	C2	3	27.9333333	5.29724771
A	C3	3	25.7666667	6.10211712
B	C1	3	30.3000000	5.07370673
B	C2	3	35.1833333	0.81291656
B	C3	3	33.6166667	2.39391590

### C. DIÁMETRO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	48.7804944	9.7560989	1.02	0.4501 NS
Error	12	115.2298667	9.6024889		
Corrected Total	17	164.0103611			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Y Mean
0.297423	16.83463	3.098788	18.40722

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A	1	1.59013889	1.59013889	0.17	0.6912 NS
C	2	15.27694444	7.63847222	0.80	0.4738 NS
AC	2	31.91341111	15.95670556	1.66	0.2306 NS

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

Alpha 0.05 Error Degrees of Freedom 12  
 Error Mean Square 9.602489 Critical Value of Studentized Range 3.08132  
 Minimum Significant Difference 3.1828

	<u>Mean</u>	<u>N°</u>	<u>Altitud</u>	
A	18.704	9	Alto	
A	18.110	9	Bajo	Means with the same letter are not significantly different.

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

Alpha 0.05 Error Degrees of Freedom 12  
 Error Mean Square 9.602489 Critical Value of Studentized Range 3.77278  
 Minimum Significant Difference 4.7728

	<u>Mean</u>	<u>N°</u>	<u>Clase</u>	
A	19.710	6	C3	
A	17.768	6	C2	
A	17.743	6	C1	Means with the same letter are not significantly different

<u>Altitud</u>	<u>Clase</u>	<u>N°</u>	<u>Mean</u>	<u>Std Dev</u>
A	C1	3	18.8966667	0.36909800
A	C2	3	19.0900000	2.02807791
A	C3	3	18.1266667	0.96810812
B	C1	3	16.5900000	4.78348200
B	C2	3	16.4466667	4.85397088
B	C3	3	21.2933333	2.44655540

### D. TENSIÓN

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	11228.41747	2245.68349	2.17	0.1266 NS
Error	12	12441.97551	1036.83129		
Corrected Total	17	23670.39299			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Y Mean
0.474365	54.27742	32.19986	59.32460

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A	1	5833.209663	5833.209663	5.63	0.0353 *
C	2	3330.497276	1665.248638	1.61	0.2410 NS
A*C	2	2064.710535	1032.355268	1.00	0.3980 NS

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

Alpha	0.05	Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	1036.831	Critical Value of Studentized Range	3.08132

Minimum Significant Difference 33.073

	Mean	N	Altitud	
A	77.33	9	Bajo	
B	41.32	9	Alto	Means with the same letter are not significantly different

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

Alpha	0.05	Error Degrees of Freedom	12
-------	------	--------------------------	----

Error Mean Square                    1036.831    Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 49.595

	<u>Mean</u>	<u>N°</u>	<u>Clase</u>	
A	75.86	6	C2	
A	59.56	6	C1	
A	42.55	6	C3	Means with the same letter are not significantly different.

Level of	Level of		-----Y-----	
<u>Altitud</u>	<u>Clase</u>	<u>N</u>	<u>Mean</u>	<u>Std Dev</u>
A	C1	3	34.993933	1.3771866
A	C2	3	49.324600	17.4650600
A	C3	3	39.649667	6.5677314
B	C1	3	84.128133	46.4690376
B	C2	3	102.404800	59.4362562
B	C3	3	45.446467	13.3748902

### E. INFLAMABILIDAD

<u>Source</u>	<u>DF</u>	<u>Sum of Squares</u>	<u>Mean Square</u>	<u>F Value</u>	<u>Pr &gt; F</u>
Model	5	825.111111	165.022222	1.13	0.3971 NS
Error	12	1756.000000	146.333333		
Corrected Total	17	2581.111111			

<u>R-Square</u>	<u>Coeff Var</u>	<u>Root MSE</u>	<u>Y Mean</u>
0.319673	4.293040	12.09683	281.7778

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A	1	50.0000000	50.0000000	0.34	0.5697 NS
C	2	348.7777778	174.3888889	1.19	0.3372 NS
A*C	2	426.3333333	213.1666667	1.46	0.2714 NS

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

Alpha 0.05 Error Degrees of Freedom 12  
 Error Mean Square 146.3333 Critical Value of Studentized Range 3.08132  
 Minimum Significant Difference 12.425

Mean N° Altitud

A 283.444 9 Bajo  
 A 280.111 9 Alto Means with the same letter are not significantly different

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

Alpha 0.05 Error Degrees of Freedom 12  
 Error Mean Square 146.3333 Critical Value of Studentized Range 3.77278  
 Minimum Significant Difference 18.632

Mean N° Clase

A 288.000 6 C1  
 A 278.833 6 C3  
 A 278.500 6 C2 Means with the same letter are not significantly different

Level of	Level of	-----Y-----		
Altitud	Clase	Nº	Mean	Std Dev
A	C1	3	280.000000	3.4641016
A	C2	3	282.333333	6.4291005
A	C3	3	278.000000	12.4899960
B	C1	3	296.000000	21.5174348
B	C2	3	274.666667	13.6137186
B	C3	3	279.666667	4.5092498

### F. ABSORCIÓN

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	80731.2594	16146.2519	2.72	0.0721 NS
Error	12	71206.3874	5933.8656		
Corrected Total	17	151937.6468			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Y Mean
0.531345	37.82620	77.03159	203.6461

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A	1	59015.59161	59015.59161	9.95	0.0083 **
C	2	20251.81041	10125.90521	1.71	0.2227 NS
A*C	2	1463.85741	731.92871	0.12	0.8851 NS

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

Alpha 0.05 Error Degrees of Freedom 12  
 Error Mean Square 5933.866 Critical Value of Studentized Range 3.08132  
 Minimum Significant Difference 79.12

Mean N° Altitud

A 260.91 9 Alto

B 146.39 9 Bajo Means with the same letter are not significantly different

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Y

Alpha 0.05 Error Degrees of Freedom 12  
 Error Mean Square 5933.866 Critical Value of Studentized Range 3.77278  
 Minimum Significant Difference 118.65

Mean N° Clase

A 251.05 6 C1

A 181.54 6 C3

A 178.35 6 C2 Means with the same letter are not significantly different

Altitud Clase N° Mean Std Dev

A C1 3 321.056667 61.280621

A C2 3 229.000000 99.311359

A C3 3 232.660000 4.795008

B C1 3 181.036667 144.500384

B C2 3 127.703333 11.598363

B C3 3 130.420000 30.777555

## *ANEXO 13*

### **NORMA TÉCNICA EMPLEADA EN LA MEDICIÓN DEL DIÁMETRO DE LAS FIBRAS**



## Standard Test Method for DIAMETER OF WOOL AND OTHER ANIMAL FIBERS BY MICROPROJECTION<sup>1</sup>

This Standard is issued under the fixed designation D 2130; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval.

### 1. Scope

1.1 This method covers a procedure, using the microprojector, for the determination of the average fiber diameter and the fiber diameter variation on wool and other animal fibers such as mohair, cashmere, alpaca, camel's hair, etc. (Note 1) in their various forms.

Note 1—This method may also be applied to any fibers having a round cross section and accordingly may be used many times for melt-spun man-made fibers such as polyamides, polyesters, and glass, also it may be applied to a limited number of polyacrylates and regenerated cellulose type fibers. The values given in Appendix A2 for density and correction factors, however, apply only to wool and should not be used for other fibers. For suitable values for the density of other fibers, see Table 5 in Methods D 679.

Note 2—In subsequent section of this method the term "wool" also signifies mohair or other fibers if the circumstances are applicable.

Note 3—The values stated in U.S. customary units are to be regarded as the standard. The metric equivalents of U.S. customary units may be approximate.

Note 4—For additional information on the determination of grade of wool and wool fiber diameter, see U.S. Department of Agriculture, C & MS, SR 4, 335 and IWTO-R-66(E).

### 2. Applicable Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

- D123 Definitions of Terms Relating to Textiles<sup>2</sup>
- D419 Specification for Fineness of Wool and Assignment of Grade<sup>3</sup>
- D473 Specification for Fineness of Wool Top and Assignment of Grade<sup>3</sup>
- D584 Test for Wool Content of Raw Wool-Laboratory Scale<sup>4</sup>

- D 629 Quantitative Analysis of Textiles<sup>5</sup>
- D 1060 Core Sampling of Raw Wool in Packages for Determination of Percentage of Clean Wool Fiber Present<sup>6</sup>
- D 1381 Specification for Fineness of Mohair Top and Assignment of Grade<sup>7</sup>
- D 1776 Recommended Practice for Conditioning Textiles and Textile Products for Testing<sup>8</sup>
- D 2252 Specification for Fineness of Types of Alpaca<sup>9</sup>
- D 2258 Sampling Yarn for Testing<sup>10</sup>
- D 2815 Test for Cashmere Coarse-Hair Content in Cashmere<sup>11</sup>
- D 2968 Test for Mad and Kemp Fibers in Wool and Other Animal Fibers by Microprojection<sup>12</sup>
- D 3109 Specification for Fineness of Mohair and Assignment of Grade<sup>13</sup>
- 2.2 Other Standards:  
Federal Standard, Official Standard of the United States for Grades of Wool, Section 31.0, Measurement Method for Determining Grade of Wool, Section 31.204<sup>14</sup>
- IWTO-R-66(E) Method of Determining Wool Fiber Diameter by the Projection

— — —

<sup>1</sup>This method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-15 on Textiles, and is the direct responsibility of Subcommittee D13.13 on Wool Fibers.

Current edition approved July 28, 1972. Published October 1972. Originally published as D 2130-67. Last previous edition D 2130-69.

<sup>2</sup>Annual Book of ASTM Standards, Part 32.

<sup>3</sup>Annual Book of ASTM Standards, Part 32.

<sup>4</sup>Service and Regulatory Announcement, No. 17, U.S. Department of Agriculture, C & MS, April 1966.

### Microscope<sup>1</sup>

#### 3. Definitions

3.1 For definitions of other textile terms used in this method, refer to Definitions D 123.

3.2 *grade (wool and mohair)*, *n*.—a numerical designation used in classifying wool and mohair in their raw, semi-processed, and processed forms based on average fiber diameter and variation of fiber diameter.

3.3 *average fiber diameter (wool and other animal fibers)*, *n*.—the average width of a group of fibers when measured on a projected image as directed in Method D 2130.

3.4 For definitions of other textile terms used in this method, refer to Definitions D 123.

#### 4. Summary of Method

4.1 This method describes procedures for sampling various forms of wool and other animal fibers, the reduction of the sample to small test specimens, and the measurement, at high magnification, of the diameter of a number of fibers from the test specimens. From the observed data, computations are made to obtain the average fiber diameter, a measure of variation of fiber diameter, and the percentage of medullated and kemp fibers, if present, as directed in Method D 2968.

#### 5. Uses and Significance

5.1 This method specifies a sampling and testing procedure for the measurement of average fiber diameter and variation in diameter of animal fibers as required in Methods D 2816 and D 2966.

5.2 This method may be used for determining compliance with average fiber diameter and diameter variation in order to assign grades when determining conformance of shipments to material specifications given in Specification D 419, D 473, D 1381, D 2252, D 2817, and D 3909.

#### 6. Apparatus and Material

6.1 *Microprojector*<sup>15</sup>—The microscope shall be equipped with a fixed body tube, a focusable stage responsive to coarse and fine adjustments, a focusable substage with condenser and iris diaphragm, and a vertically installed adequate light source to give, when equipped with a 12.5× eyepiece and a 21×, 0.50 numerical aperture objective, a precise magnification of 500×.

6.2 *Stage Micrometer*<sup>16</sup>—calibrated in intervals of 0.01 mm for accurate setting and control of the magnification.

#### 6.3 Fiber Sectioning Apparatus:

6.3.1 *Heavy-Duty Sectioning Device*<sup>17</sup>—An instrument comprised of a metal plate with slot and compressing key and equipped with a propulsion mechanism by which the fiber bundle may be extruded for sectioning. The instrument is designed to hold a sliver of top or equivalent bulk of fibers, yarn, or fabric (Fig. 1).

6.3.2 *Safety Razor Blades*—Single-edge or double-edge blades (if used with blade holder).

6.3.3 *FRL Fiber Cutter*<sup>18</sup>—A device comprised of two razor blades, a threaded pin and an assemblage that will hold the blades rigidly in position. The device, which is operated by applying pressure vertically downward, cuts fibers approximately 250 μm (Note 5) in length (Fig. 2).

Note 5—A description of the Swiss Fiber Cutting device described in earlier editions can be found in Part 25 of the *Annual Book of ASTM Standards*, issued in 1971 and previous volumes.

6.4 *Microscope Slides*, 1 by 3 in. (25 by 75 mm).

6.5 *Cover Glasses*, No. 1 thickness, ¼ by 2 in. (22 by 50 mm).

6.6 *Mounting Medium*<sup>19</sup>—Colorless immersion oil with a refractive index of 1.480 ± 0.005 at 20°C, and a viscosity of 78.61 SUS at 100°F.

6.7 *Wedge Scale*<sup>20</sup>—Strips of heavy paper or Bristol board, imprinted with a wedge for use at a magnification of 500× (Fig. 3).

6.8 *Box for Compressing Loose Fibers*—A box 12 by 6 by 15 in. (300 by 150 by 375 mm) deep, inside dimensions, equipped with a floating top which has 16 randomly spaced holes 0.75 in. (20 mm) in diameter over its area. The wool may be firmly compressed by

<sup>15</sup>International Wool Textile Organization, Commerce House, Bradford, England.

<sup>16</sup>Obtainable from Kenneth A. Dwyer Co., 106 Concord Ave., Belmont, Mass. 02175.

<sup>17</sup>Obtainable from Wool Associates of New York (Wool Exchange, Inc., 286 Summer Street, Boston, Mass. 02210).

<sup>18</sup>Obtainable from A. M. de La Rue Co., 3408 Lincoln Drive, Hyattsville, Md. 20782 and H. A. S. Machine Co., Inc., 21 Maple Street, Lawrence, Mass. 01844.

<sup>19</sup>Obtainable from Fibers Research Laboratories, Inc., 600 Providence Highway, Duxbury, Mass. 02528.

<sup>20</sup>Obtainable from E. J. Powers Press, 231 South St., Boston, Mass. 02111 and Visual Inspection Products, 30 High St., Lynn, Mass. 01902.

applying pressure on the top. The top is held in place by two rods extending through holes in the side of the box and over the top. The coring tube is thrust through the holes in the top to sample the wool.

**6.9 Pressure Coring Tube<sup>11</sup>**—A ½-in. (10-mm) inside-diameter metal tube, approximately 30 in. (760 mm) long, reamed and tapered on one end to hold a sharp ¼ or ⅜-in. (10-mm) cutting tip. The tube is fitted with a "T" cross bar about 20 in. (500 mm) long.

**6.10 Core Extruder**—A 0.25-in. (6-mm) wood dowel or aluminum rod slightly longer than the coring tube to extrude wool from tube.

**7. Sampling**

**7.1 Loose Fibers**—The method of obtaining a representative sample of wool will differ according to circumstances. The sampling procedures and major circumstances encountered are as follows:

**7.1.1 Lots of Packaged, Grease, Pulled, or Scoured Wool**—Take core samples as directed in Method D 1060. Clean or scour the raw wool sample as directed in Method D 584. If a representative portion of the scoured wool core sample resulting from the test for clean wool fiber present is available, it may be used for fiber diameter determination. If core sampling is not feasible, take at random, by hand, at least 50 handfuls of wool from not less than 10 percent of the packages. The aggregate weight (Note 6) of the sample shall be at least 3 lb (1.5 kg).

NOTE 6—The term "weight" is temporarily used in this standard because of established trade usage. The word is used to mean both "force" and "mass," and care must be taken to determine which is meant in each case (SI unit for force = newton and for mass = kilogram).

**7.1.2 Major Sort**—Packaged grease wool in fleece form for which a diameter test is desired for only the major sort of the fleece, hand sample by drawing one or more handfuls of wool from the major sort portion of at least 50 fleeces taken at random from the lot. The aggregate weight of the sample shall be at least 3 lb (1.5 kg).

**7.1.3 Piles of Graded or Sorted Wool**—Sample piles of graded or sorted wool by taking from random locations in the pile at least 50 handfuls of wool, the aggregate

weight of which shall be at least 3 lb (1.5 kg). If the wool is in fleece form and a test is desired for only the major sort, take the sample as directed in 7.1.2.

**7.1.4 Card Sliver**—Sample the wool card sliver by drawing at random from the lot, preferably during the carding operation, ten 2-ft (600-mm) lengths of sliver.

**7.1.5 Top**—Sample the top by drawing from each 20,000 lb (9072 kg) or fraction thereof, four sections of sliver, each of which shall be at least 1 yd (1 m) in length and taken from different balls of top selected at random. Take only one ball from any one bale or carton. For broken top, take an equivalent aggregate length of sliver at random.

**7.2 Yarns and Fabrics**—Take a yarn sample as directed in Method D 2258. Cut an approximately 3-yd (3-m) length of yarn sample into at least 20 sections of woolen-spun yarn, or 50 sections if worsted-spun yarn. For fabric, take two samples at least 2 by 2 in. (50 by 50 mm) from areas at least 2 in. from a selvage and at a sufficient distance apart to represent filling yarn taken from at least two different bobbins. Remove 20 (if woolen-spun) or 50 (if worsted-spun) warp yarns from each sample. Remove 10 (if woolen-spun) and 25 (if worsted-spun) filling yarns from each sample.

**8. Test Specimens**

**8.1 Grease Wool, Pulled Wool, Scoured Wool:**

**8.1.1 Sub-Coring**—Randomly pack the core or hand sample (see 7.1.1, 7.1.2, and 7.1.3), into a suitable container (see 6.8) and compress to approximately 2 psi (150 kgf/1000 cm<sup>2</sup>) by loading a weight of 150 lb (68 kgf) on the floating top. By means of a ¼ or ⅜-in. (10-mm) tube with sharp tip, extract a sufficient number of cores (at least five) to provide a test specimen of at least 20 g of scoured wool. Scour or otherwise clean the test specimen if it is grease wool or pulled wool as directed in Method D 584.

**8.1.2 Gridding**—Core Test Residue—If the sample comprises an adequate amount of scoured wool resulting from the core testing of a lot for clean fiber content (see 7.1.1), di-

vide the sample into 40 portions of approximately equal size. From each portion, drawn at random at least 0.5 g. Mix or blend these 40 portions to form the test specimen. Test specimens from samples obtained by means of 1.25 in. (30 mm) and larger coring tubes may be carded for homogenization; but do not card those from 0.5 in. (10 mm) and smaller tubes since loss of fiber may occur.

**8.1.3 Gridding and Machine Blending**—For samples other than those specified in 8.1.1 and 8.1.2, divide the sample into 40 portions of approximately equal size. From each portion draw at random a sufficient quantity of fiber to provide a test specimen of 20 g. Scour or otherwise clean the test specimen, of grease or pulled wool. Homogenize the clean specimen by carding 3 times, breaking the web, and feeding at right angles after the first and second passes; or by gilling 15 times, breaking, and combining the pieces of sliver as required to maintain a convenient length.

**8.2 Card Sliver**—Strip off portions of each of the ten 2-ft (600-mm) lengths of sliver (see 7.1.4). Combine these portions to form a composite sliver about 2 ft in length. This constitutes the test specimen.

**8.3 Top**—Each of the four sections of sliver comprising the sample (see 7.1.5) constitutes a test specimen.

**8.4 Yarn**—The yarn sections (see 7.2) constitute the test specimen.

**8.5 Fabric**—The undisturbed piece of fabric or the teased out yarns of the fabric (see 7.2) constitute the test specimen.

**9. Calibration of Microprojector**

**9.1** Adjust the microprojector to produce a magnification of 500x in the plane of the projected image. Do this by placing a stage micrometer on the stage of the microprojector and bringing the microscope into such adjustment that the lines of the micrometer are sharply focused in the center of the image plane. An interval of 0.20 mm on the stage micrometer will then measure 100 mm on the image plane, or 0.01 mm on the micrometer will measure 5 mm on the image plane. All measurements must be made with the specimen in a plane at the same distance from the stage as the lines on the stage micrometer.

**10. Conditioning**

**10.1** Precondition all test specimens to approximate equilibrium in an atmosphere having a relative humidity of 5 to 25 percent and a temperature of not over 122 F (50 C), then condition the samples for at least 4 h in air maintained at a relative humidity of 65 ± 2 percent and at a temperature of 70 ± 2 F (21 ± 1.1 C) as directed in Recommended Practice D 1776.

**11. Test Provisions**

**11.1** Separate observations shall be made by two operators.

**11.2** Each operator shall independently prepare at least one slide for each test specimen.

**12. Preparation of Slides by Use of Heavy-Duty Cross-Section Device**

**12.1 Compacting Specimen:**

**12.1.1 Sliver Specimen**—At an area of the sliver, estimated to be a full fiber length or more from the end, place the specimen in the slot of the metal plate, compress with the key, and secure with the set screw.

**12.1.2 Bulk Specimen**—Draw small quantities of fiber at random, packing the slot to the desired level; compress and secure as described in 12.1.1.

**12.1.3 Yarn Specimen**—Pack the assemblage of yarn pieces into the slot, compress, and secure as directed in 12.1.1.

**12.1.4 Fabric Specimen**—Pack the assemblage of warp or filling yarn pieces or diagonal cuts of fabric into the slot, compress, and secure as directed in 12.1.1. If it is known that warp and filling yarns are identical, make a diagonal cut in each of the fabric samples. Segregate the warp and filling yarns when of different or unknown composition and when necessary to determine diameter and dispersion for each.

**12.2 Preliminary Sectioning of Specimen—**

Cut off the gripped fibers at the upper and under surfaces of the plate. Extrude the fiber bundle about 0.50 mm to take up slack in the fibers and the propulsion mechanism. Moisten the projecting fibers with a few drops of mineral oil. With a sharp razor blade cut off this projecting fiber bundle flush with the upper surface of the fiber-holding plate, and discard the section.

<sup>11</sup> Obtainable from Denver Machine Shop, Inc., 1421 Blake Street, Denver, Colo. 80202.

12.3 *Final Sectioning of Specimen*—Again extrude the fiber bundle approximately 0.25 mm (250  $\mu\text{m}$ ). Moisten the fiber bundle with a few drops of the oil, blotting off the excess. With the razor blade, cut off the projecting fibers flush with the plate, leaving the fiber pieces adhering to the razor blade.

12.4 *Mounting the Fibers on the Slide*—Place a few drops of mineral oil on a clear glass slide. With a dissecting needle scrape the fiber pieces from the blade onto the slide. Thoroughly disperse the fibers in the oil with the dissecting needle, and cover the specimen with a cover glass (Fig. 4).

**NOTE 7**—Use sufficient oil in the preparation of the slide to ensure thorough distribution of the fibers, but an excess must be avoided, as practically no oil should be permitted to flow out or be squeezed out beyond the borders of the cover glass. If the number of fibers is too great to permit proper distribution on the slide, or if an excess of oil has been used, wipe away a portion of the mixture after thorough dispersion of the fibers.

### 13. Preparation of Slides by Use of the FRL Fiber Cutter

#### 13.1 *Cutting Specimens*

13.1.1 *Fabric*—Using the equipment described in 6.3.3, with the razor blades in alignment and firmly secured, force the blades vertically downward into the warp fringe close to the edge of the fabric. Repeat the operation for the filling yarns. If the warp and filling yarns are the same, the cut may be made diagonally, sectioning the warp and filling yarns of the fabric at the same time. Make a duplicate cut at the opposite side of the fabric. The individual cuts should include between 1500 and 2000 fibers, approximately 250  $\mu\text{m}$  long.

13.1.2 *Yarns and Other Fiber Assemblies*—Cut the prepared woolen or worsted yarn specimens with the pieces arrayed as a unit, or other specimens of yarn, roving, and the like, in a manner similar to the procedure described in 13.1.1.

13.2 *Release of Cut Sections*—Release the top plate of the device, then remove the blades, holding the ends between the thumb and forefinger of one hand. By careful separation of the blades, the fiber sections will adhere to the edge of either blade.

13.3 *Mounting the Fibers on the Slide*—See 12.4.

### 14. Procedure

14.1 Place the finished slide on the stage of the microprojector, the cover glass toward the objective (see 9.1). Distribute the fibers on the slide in the general manner as shown in Fig. 4. Scan and position the slide so the far, near, and intermediate traverses will be viewed. Measure the fibers the same day the slides are prepared.

14.2 Starting at the selected position on the slide, bring the mid-length area of the fiber to be measured into sharp focus on the wedge scale. Fiber edges appear as fine lines without borders when they are sharply in focus. It is unusual, however, for both edges of the fiber to be in focus at the same time. If both edges of the fiber are not uniformly in focus, adjust the focus so that one edge of the fiber at the center or midpoint is in focus and the other shows as a bright line. Determine and record the finer measurement by marking on the wedge scale at the point where the wedge lines and the width of the fiber image coincide at the fiber midlength (Fig. 5). Determine this point by the fine lines of both edges when they are uniformly in focus (Fig. 6), or by the fine line of one edge and the inner side of the bright line at the other edge when they are not uniformly in focus. Traverse the slide and measure successive fibers in the planned courses in micrometers. Measure only those fibers the midpoint of which comes within the field of the 4-in. (100-mm) diameter circle, centrally located in the projected area. Exclude from measurement fibers shorter than 200  $\mu\text{m}$  or longer than 300  $\mu\text{m}$  and those having distorted images. If the diameter of a fiber is less than or greater than the extreme limits of the wedge scale, project the fiber image onto the border of the wedge scale and draw lines on the scale at the edges of the fiber image. Measure the distance between the lines in millimeters later to obtain the correct diameter of the fiber, 1 mm is equal to 2  $\mu\text{m}$  at a magnification of 500 $\times$ .

### 15. Number of Fibers

15.1 The number of fibers to be measured depends on the variability of the fiber diameters and the required or desired precision of the average. Calculate the number using Eq. 1:

$$n = (t/E)^2 \quad (1)$$

where

$n$  = number of fibers to be measured,

$\sigma$  = standard deviation of fiber diameters,

$E$  = allowable variation of the mean,  $\mu\text{m}$ , and

$t$  = 1.960, the value of student's  $t$  for infinite degrees of freedom, two-sided limits, and a 95 percent probability level, ( $t^2 = 3.842$ ).

15.2 Estimates of standard deviation for the various grades of wool and wool top, mohair and mohair top, and alpaca are given in Tables A2, A3, and A4, together with the calculated number of fibers required for various confidence intervals of the mean at a statistical probability of 0.95.

### 16. Calculation

16.1 From the observations determined with the wedge scales calculate the pertinent information as shown in the example (Table A1).

### 17. Report

17.1 State that the specimens were tested

as directed in ASTM Method D 2130 and state the type and number of samples taken and the kind of material that was tested.

17.2 Report the following information:

17.2.1 The average fiber diameter  $\bar{X}$  in  $\mu\text{m}$ .

17.2.2 The fiber diameter distribution, where applicable.

17.2.3 The standard deviation of fiber diameters, in  $\mu\text{m}$ .

17.2.4 The coefficient of variation of fiber diameters, percent,  $v$ .

17.2.5 The 95 percent confidence limits of  $\bar{X}$ .

### 18. Precision and Accuracy

18.1 *Precision*—Estimates of standard deviation for the various grades of wool and wool top, mohair and mohair top, and alpaca are given in Tables A2, A3, and A4, together with the calculated number of fibers required for various confidence intervals of the mean at a 95 percent probability level.

18.2 *Accuracy*—No justifiable statement on the accuracy of Method D 2130 for diameter of wool and other animal fibers can be made since the true value cannot be established by an accepted reference method.



FIG. 1 Heavy-Duty Cross-Section Device.

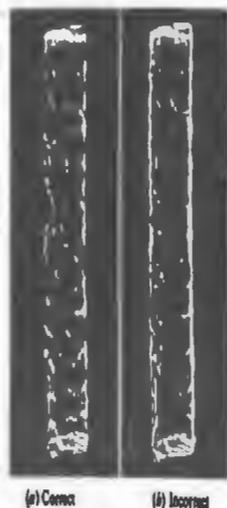


FIG. 4 Correct and Incorrect Focused Fiber.

## APPENDICES

### A1. DATA FOR PRECISION OF MEASUREMENTS AND EXAMPLES OF CALCULATIONS

A1.1 The estimates of standard deviation for the various grades of wool for determination of the number of fibers to measure at selected confidence

limits and examples of calculations listed in 15.1 and 15.2 are given in Tables A1, A2, A3, and A4.

### A2. ESTIMATION OF LINEAR DENSITY OF WOOL FIBER IN TEX UNITS FROM MICROPROJECTION MEASUREMENTS OF THE FIBER DIAMETER

#### A2.1 Precise Calculations

A2.1.1 For wool the precise calculation of tex number from the fiber diameter measured by microprojection is complex. However, for noncircular wools estimates of fiber linear density in tex may be approximated as follows:

Linear density, tex units

$$k^2 \cdot (\pi \bar{X}^2 / 4) [1 + (v/100)^2] \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

where:

$\rho$  = density of wool, g/cm<sup>3</sup>,

$\bar{X}$  = average diameter by microprojection measurement,  $\mu$ m,

$k$  = an empirical factor to compensate for the effect of ellipticity and measurement technique in the microprojection method (Note A2), and

$v$  = coefficient of variation of the diameter measurements, percent.

Using  $\rho = 1.31$  and  $k = 0.987$ , the equation becomes:

$$\text{Linear density, tex units} = 0.00100 [1 + (v/100)^2] \bar{X}^2 \quad (2)$$

A2.1.2 An expression more directly reached

from the original microprojection measurements is as follows:

$$\text{Linear density, tex units} = 0.00100 \bar{X}^2 + [6.25(E_1 - E_2)^2] \quad (3)$$

where:

$\bar{X}$  = average diameter by microprojection measurement,  $\mu$ m,

$E_1 = \sum f_i/n$ , and

$E_2 = \sum f_i^2/n$

NOTE A1—For further explanation of symbols, see Appendix A1, or calculate as follows:

$$\text{Linear density, tex units} = (\bar{X}^2 + v^2)/1000 \quad (4)$$

where:

$\bar{X}$  = average diameter by microprojection measurement,  $\mu$ m, and

$v$  = standard deviation of fiber diameters,  $\mu$ m

NOTE A2: Derivation of Empirical Factor  $k$ —For fibers of oval and circular cross section, the average diameter on a weight basis should be related to the average fiber diameter on a number basis from microprojection measurements as follows:

$$\bar{X}_w = \bar{X}_n \sqrt{1 + (v/100)^2}$$

where:

$\bar{X}_w$  = the average diameter on a weight basis,

$\bar{X}_n$  = the average diameter on a number basis as by microprojection measurement, and

$v$  = the coefficient of variation of fiber diameter, percent.

A2.1.3 Actually, wool fiber is not perfectly round in cross section. It has been reported<sup>12</sup> that the deviation from perfect roundness (usually, but not necessarily, called ellipticity) should cause the root-mean-square diameter determined by microprojection of fiber 100  $\mu$ m long to appear very close to 1 percent higher than the true gravimetric average diameter. Experimentally, however, interlaboratory results have been obtained<sup>13</sup> showing about 1.2 percent difference in the other direction. The WIRA method<sup>14</sup> of determining gravimetric diameter in these data is expected to give results at least 1 percent low due to stretching. The difference in results was ascribed to difficulties in focusing.

A2.1.4 Other work<sup>15</sup> illustrates that the shorter the fiber is cut for mounting, the greater the freedom of the fiber to lie over on its flat side and appear flat. In this work fiber cut to 250  $\mu$ m appeared to be about 3.6 percent larger than fiber cut to 100  $\mu$ m.

From these comparisons, the empirical factor,  $k$ , was derived as follows:

$$k = \bar{X}_w / \text{true } \bar{X}, \text{ ASTM} = (100/103.6) \times (101.2/100) \times (100/99) = 0.987$$

#### A2.2 Estimation

A2.2.1 The empirical Eq 4 provides a simple es-

timate of the equivalent tex number from microprojection measurements of unmodulated wool.

Example—What is the fiber linear density in tex of a sample of wool top with an average fiber diameter of 24.93  $\mu$ m and a standard deviation of 6.18  $\mu$ m?

Fiber linear density, in tex units

$$= (\bar{X}^2 + v^2)/1000 \text{ or } (24.93)^2 + (6.18)^2/1000 = 0.660$$

A2.2.2 The tex number is expected to find practical value in more precise prediction of fineness of blended wools and tops and in correlating with manual estimation of fineness.

A2.2.3 Fiber linear density in tex corresponding to the minimum average fiber diameter of each grade of wool top, with average variability and its association with tex number and worsted count for yarn with two examples for number of fibers per cross section, is shown in Table A5.

<sup>12</sup>Anderson, S. L., and Benson, F., "Fibre Ellipticity and its Effect on Diameter Measurement," *Journal of the Textile Institute*, ITINA, Vol. 44, 1953, pp. 93-104.

<sup>13</sup>Palmer, R. C., "Report of the 1948 Interlaboratory Diameter and Length Experiment, International Wool Textile Organization Technical Committee," *Journal of the Textile Institute*, ITINA, Vol. 42, 1951, pp. 21-43.

<sup>14</sup>See Wool Industry Research Assn (WIRA), "Gravimetric Determination of Root-Mean-Square Diameter," *Technical Committee Proceedings*, International Wool Textile Organization, Vol. 2, 1940, pp. 13-18.

<sup>15</sup>Anderson, S. L., and Palmer, R. C., "The Effect of Non-Circular Cross-Section on Fibre Diameter Measurement of Wool by the Profile Method," *Journal of the Textile Institute*, ITINA, Vol. 42, 1951, pp. 114-116.

TABLE A1 Example of Calculations: Average Fiber Diameter, Standard Deviation, Coefficient of Variation Distribution, and Confidence Limits of the Mean

Class Interval	A	Deviation in Class Interval from A, z	Observed Frequency, f	$fx$	$fx^2$	Cumulative Frequency	Cumulative Percent
5.0 to 7.5	6.25	0	0	0	0	0	0
7.5 to 10.0		1	0	0	0	0	0
10.0 to 12.5		2	1	2	4	1	.12
12.5 to 15.0		3	12	36	108	13	1.62
15.0 to 17.5		4	53	212	848	66	8.25
17.5 to 20.0	...	5	113	565	2 825	179	22.38
20.0 to 22.5	...	6	132	792	4 752	311	38.88
22.5 to 25.0	..	7	141	987	6 909	452	56.30
25.0 to 27.5	.	8	111	888	7 104	563	70.38
27.5 to 30.0		9	79	711	6 399	642	80.25
30.0 to 32.5		10	63	630	6 300	705	88.13
32.5 to 35.0		11	44	484	5 324	749	93.63
35.0 to 37.5		12	28	336	4 032	777	97.13
37.5 to 40.0	...	13	7	91	1 183	784	98.00
40.0 to 42.5	.	14	6	84	1 176	790	98.75
42.5 to 45.0		15	5	75	1 125	795	99.38
45.0 to 47.5		16	3	48	768	798	99.75
47.5 to 50.0		17	0	0	0	798	99.75
50.0 to 52.5	..	18	2	36	648	800	100.00
Totals			800	5 977	49 505		

$n$  = number of observations = 800

$A$  = 6.25  $\mu\text{m}$  (midpoint of smallest class interval considered)

$m$  = class interval = 2.5  $\mu\text{m}$

$$E_1 = \sum zfx/n = 5977/800 = 7.4712$$

$$E_2 = \sum z^2 f/n = 49505/800 = 61.8812$$

$$\text{Average diameter} = \bar{X} = A + mE_1 = 6.25 + 2.5(7.4712) = 24.93 \mu\text{m}^a$$

$$\text{Standard deviation} = \sigma = m\sqrt{E_2 - E_1^2} = 2.5\sqrt{61.8812 - 35.8188} = 2.5(2.4622) = 6.16 \mu\text{m}^a$$

$$\text{Coefficient of variation} = v = 100 \sigma/\bar{X} = 616/24.93 = 24.71 \text{ percent}$$

$$\text{Limits for } \bar{X} \text{ at the 95 percent probability level} = \bar{X} \pm (1.96 \sigma/\sqrt{n}) = 24.93 \pm 0.43 \mu\text{m}$$

<sup>a</sup> Round off the calculated values of average fiber diameter, standard deviation and coefficient of variation to two decimal places as follows: If the figure in the third decimal place is 4 or less, retain the figure in the second decimal place unchanged; otherwise, increase the figure in the second decimal place by 1.

## *ANEXO 14*

### **NORMA TÉCNICA EMPLEADA EN EL ENSAYO DE ABSORCIÓN (VERSIÓN RESUMIDA)**

Norma UNE-EN 13543: 2002 “Artículos rellenos fabricados de pluma y plumón: medición de la absorción de agua del material de relleno”

#### 1) Definiciones:

- Tiempo de absorción: tiempo necesario para saturar un espécimen.
- Capacidad de absorción: masa de agua en un espécimen saturado expresada como porcentaje de la masa del espécimen.
- Masa constante: masa entre 2 pesadas que se diferencia por 1 g o menos.

#### 2) Materiales

- Agua destilada simple (clase 3, con las siguientes características: pH 5,5 – 7,5; CE 0,5 mS/m; cantidad de O<sub>2</sub>: 0,4 mg/L).
- Bolsas de poliéster (o poliamida) de 50 g/m<sup>2</sup> máximo. Tamaño: 12x15 cm.
- Tanque de 40x40x30 cm.
- Barra de metal de acero inoxidable de 35 cm de largo y 500 g .

#### 3) Procedimiento

- Llenar el tanque con 20 cm o más de agua.
- Sumergir mínimo 60 minutos.
- Sacar y escurrir 30 minutos.
- Repetir hasta masa constante (diferencia menor o igual a 1 g).

Se seleccionan cuatro especímenes (a, b, c y d) de 10±0.1 g de muestra acondicionada a atmósfera controlada (condiciones iguales a ensayos para pasta, papel y cartón). Se colocan dentro de las bolsas y se pesan. Esto da M1a, M1b, M1c y M1d. Se cosen las bolsas y se sumergen 60 minutos. Al cabo de este tiempo se sacan y se escurren 30 minutos. Se cuida de no eliminar el exceso de agua (exprimir, por ejemplo). Se pesa la bolsa con el material mojado. Esto da M2a, M2b, M2c, M2d. Se repite la operación hasta masa constante. Si la diferencia de peso es de más del 15%, repetir todo el experimento desde el principio. Si la diferencia persiste, hacer los cálculos individuales para cada muestra. M1a vs. M2a, M1b vs. M2b, etc.

Una vez que hay peso constante se calcula usando la siguiente fórmula:

$$M = (M2a + M2b + M2c + M2d) - (M1a + M1b + M1c + M1d)$$

Donde M=masa de agua absorbida

Luego se hace el siguiente cálculo:

$$Mo = M / M1 \times 100$$

Donde:

Mo=capacidad de absorción (la cantidad de agua que es absorbida expresada como porcentaje del peso de la muestra).

M1=masa promedio antes del ensayo.

El porcentaje obtenido se redondea al número entero más cercano.

#### 4) Informe

Debe incluir:

- Porcentaje redondeado.
- Anotación de cualquier anomalía.

# ANEXO 15

## NORMA TÉCNICA EMPLEADA EN LA DETERMINACIÓN DE EXTRACTIVOS

### STANDARD G. 20

Recommended Method, October, 1945  
Revised, February, 1963  
Revised, May, 1984

## SOLVENT EXTRACTIVES IN WOOD

### SCOPE

This standard describes a method for determination of the amount of material in wood which is extractible with organic solvents. The solvent used is dichloromethane or a mixture of ethanol and benzene (Note 1).

The extractives of wood are mainly resins, fats, waxes, tannins and other similar materials.

### SAFETY PRECAUTIONS

Benzene used in this method is hazardous to health; contact of benzene with skin and inhalation of benzene vapour must be avoided. The procedures of extraction and evaporation must be carried out in a fume hood with good ventilation. Respirators suitable for removal of benzene vapour and plastic gloves must be used when working with benzene.

Ethanol and benzene vapours are flammable and constitute a fire and explosion hazard. Water baths or electric heaters must be used, open flames in the vicinity of the extraction and evaporation must be avoided.

Dichloromethane vapour is not flammable, in high concentrations, the vapour is toxic.

### APPARATUS

1. **Extraction Apparatus**, consisting of an extraction flask, 200 - 250 mL, a Soxhlet extraction tube, 30 mm I.D., and a condenser, Allihn type, 300 - 400 mm. The joints of the glassware shall be of ground glass.
2. **Extraction Thimbles**, paper, alundum or fritted glass of coarse porosity, 25 x 80 mm.
3. **Hot Water Bath or Electric Heater**.
4. **Evaporating Dishes, or Weighing Bottles**, 30 - 50 mL. Disposable aluminum dishes, weighing about 1 g, are recommended.
5. **Drying Oven**

### REAGENTS

1. **Ethanol**,  $C_2H_5OH$ , 95%. Technical grade ethanol denatured with methanol may be used.
2. **Dichloromethane**,  $CH_2Cl_2$ , reagent grade.
3. **Benzene**,  $C_6H_6$ , reagent grade.
4. **Ethanol/Benzene Mixture**. Mix one volume of ethanol with two volumes of benzene.

### SAMPLE

Obtain a sample of wood and prepare wood-meal by grinding and sieving in accordance with Tech. Sect., CPPA Standard G.31P, omitting the procedure of extraction with ethanol/benzene.

### TEST SPECIMENS

Weigh two test specimens for duplicate testing, equivalent to  $2 \pm 0.1$  g oven-dry to the nearest 1 mg. Also, weigh a specimen for moisture determination in accordance with Tech. Sect., CPPA Standard G.3.

### PROCEDURE

Transfer a test specimen to the extraction thimble and place a perforated porcelain disc or a wad of solvent-extracted cotton over the wood. Place the thimble in the extraction tube. Add to the extraction flask 150 mL of the solvent and assemble the apparatus.

Extract the wood for  $7 \pm 0.5$  h, adjusting the temperature so that a minimum of four extraction cycles (siphonings) are completed per hour.

Remove the thimble from the extraction tube, or replace the tube with another empty tube. Boil the extract in the flask and collect the distillate in the extraction tube until the volume of the extract is reduced to about 20 mL (Note 2).

Transfer the extract quantitatively to a tared evaporation dish or weighing bottle, and evaporate in a fume cupboard to dryness.

Dry the dish with the extractive in an oven at  $105 \pm 2^\circ C$  for  $60 \pm 5$  min, cool in a desiccator and weigh to the nearest 0.1 mg.

Run a blank determination by evaporating 150 mL of the solvent, dry and weigh the residue.

### CALCULATION

Calculate the per cent of extractives in wood as follows:

$$\text{Extractive \%} = \frac{(A - B) \times 100}{W}, \text{ where}$$

A = weight of the wood extractive, g

B = weight of the residue in blank determination, g

W = weight of the test specimen, g oven-dry

### REPORT

Report the solvent used and the percentage of the

## STANDARD G. 20

Revised, May, 1984

Page 2

extractives in wood to the nearest 0.01%.

### NOTES

1. Dichloromethane is a substitute in this standard for ethyl ether, because of the high flammability of the latter and possible formation of explosive compounds on storage.

2. The solvent collected as a distillate in the extraction tube may be re-used.

### RELATED METHODS

TAPPI T204 os-76  
ASTM D1107-56  
ASTM D1108-56

## ANEXO 16

### MÉTODO EMPLEADO EN LA DETERMINACIÓN DE CELULOSA

#### DETERMINACION DE CELULOSA POR EL METODO

#### DE KURSCHNER ET HOFFNER

### 1. PRINCIPIO

Ataque de la lignina mediante ácido nítrico. Las materias grasas son disueltas, las hemicelulosas se hidrolisan, la lignina se transforma en productos nitrofenólicos solubles en alcohol e insolubles en agua. El alcohol protege a la celulosa de la acción del ácido nítrico.

### 2. MUESTRA DE MADERA

Aserrín fino de madera extraído con alcohol benceno.

### 3. EQUIPO

- Balón de cuello esmerillado de 100 ml
- Refrigerante a reflujo
- Crisol filtrante N° 2
- Estufa
- Baño maría

#### 4. REACTIVOS

Acido nítrico de 40° B e

Alcohol etílico de 90°

#### 5. MODO OPERATORIO

5.1 Colocar 2 gr de aserrín fino de madera seco y extraído en alcohol benceno en un balón de 100 c c con refrigerante a reflujo.

5.2 En vaso de precipitado tomar 10 ml de  $\text{NO}_3\text{H}$  (40° Be), agregar 40 ml de alcohol de 90°, hechar rápidamente esta mezcla en el balón que contiene el aserrín. Llevar a ebullición suave en baño maría, con refrigerante a reflujo.

5.3 Luego de una hora de ebullición suave, decantar el líquido sobre nadante sobre crisol N° 2. Reemplazar por 50 ml de nueva mezcla nitro-alcohólica y hacer hervir suavemente otra hora.

5.4 Repetir por tercera vez esta operación; luego de la tercera hora de ebullición, filtrar bajo vacío con la ayuda del crisol, se lava el residuo con agua caliente y se seca a 105°C hasta peso constante.

#### Notas:

a.- Debe prepararse cada vez los 50 ml de mezcla nitro alcohólica

b.- La celulosa obtenida es impura y degradada, pero el método es rápido.

# ANEXO 17

## NORMA TÉCNICA EMPLEADA PARA DETERMINAR LA SOLUBILIDAD EN HIDRÓXIDO DE SODIO

### T 212 om-98

TENTATIVE STANDARD - 1933  
OFFICIAL STANDARD - 1934  
REVISED - 1976  
OFFICIAL TEST METHOD - 1983  
REVISED - 1988  
REVISED - 1993  
REVISED - 1998  
© 1998 TAPPI

The information and data contained in this document were prepared by a technical committee of the Association. The committee and the Association assume no liability or responsibility in connection with the use of such information or data, including but not limited to any liability or responsibility under patent, copyright, or trade secret laws. The user is responsible for determining that this document is the most recent edition published.

#### CAUTION:

This method may require the use, disposal, or both, of chemicals which may present serious health hazards to humans. Procedures for the handling of such substances are set forth on Material Safety Data Sheets which must be developed by all manufacturers and importers of potentially hazardous chemicals and maintained by all distributors of potentially hazardous chemicals. Prior to the use of this test method, the user should determine whether any of the chemicals to be used or disposed of are potentially hazardous and, if so, must follow strictly the procedures specified by both the manufacturer, as well as local, state, and federal authorities for safe use and disposal of these chemicals.

## One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp

### 1. Scope

This method for determination of 1% sodium hydroxide solubility can be applied to wood and to unbleached and bleached pulp.

### 2. Summary

Wood or pulp is extracted with hot 1% sodium hydroxide solution for 1 h. The loss in weight is determined and calculated as percent solubility.

### 3. Significance

3.1 Hot alkali solution extracts low-molecular-weight carbohydrates consisting mainly of hemicellulose and degraded cellulose in wood and pulp.

3.2 The solubility of wood could indicate the degree of a fungus decay or of degradation by heat, light, oxidation, etc. As the wood decays or degrades, the percentage of the alkali-soluble material increases (1, 2).

3.3 The solubility of pulp indicates an extent of cellulose degradation during pulping and bleaching processes and has been related to strength and other properties of pulp (3).

#### 4. Apparatus<sup>1</sup>

4.1 *Pulp dispersion apparatus* (as in Fig. 1 or a similar apparatus), consisting of a variable speed motor and a stainless steel stirrer with a shell. The speed of the motor and the angle of the blades should be adjusted so that no air is drawn into the pulp suspension during stirring.

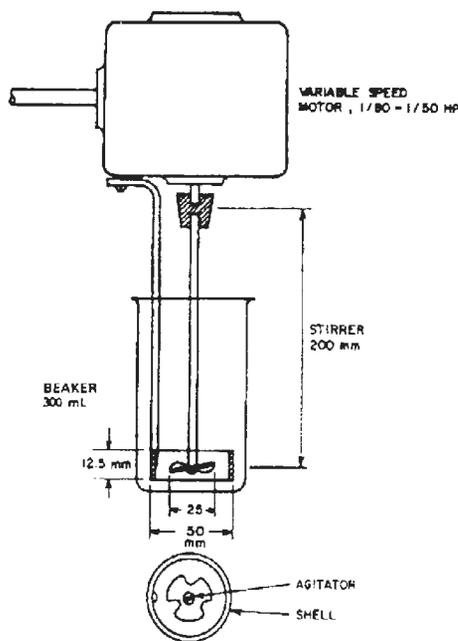


Fig. 1. Pulp dispersion apparatus.

4.2 *Water bath*, designed so that the temperature of the material during treatment is uniformly maintained at 97° to 100°C. The type of bath recommended is one that has a cover with holes of such a size that the beakers used may be placed inside the bath and supported in position by their flared rims.

4.3 *Beakers*, tall form, 200 mL.

4.4 *Filtering crucibles*, 30 mL, medium porosity (nominal maximum pore size 10-15 $\mu$ m). Dry before use in an oven at 105°  $\pm$  3°C for 60 min, cool in a desiccator, and weigh.

4.5 *Filtering flasks*, 1000 mL.

4.6 *Other equipment*: graduated cylinder, 100 mL; watch glasses; stirring rods; thermometer, vacuum source.

#### 5. Reagents

5.1 *Sodium hydroxide solution*, 1.0%  $\pm$  0.1% NaOH (0.25N). Dissolve 10.0 g of solid NaOH in water and dilute to 1000 mL. Determine normality of the solution by titration with a standard acid according to TAPPI T 610 "Preparation of Indicators and Analytical Reagents and Standardization of Volumetric Solutions" and adjust to 0.25  $\pm$  0.025N.

5.2 *Acetic acid*, 10%. Dilute 100 mL of glacial CH<sub>3</sub>COOH with water to 1000 mL.

<sup>1</sup>Names of suppliers of testing equipment and materials for this method may be found on the Test Equipment Suppliers list in the bound set of TAPPI Test Methods, or may be available from the TAPPI Technical Operations Department.

## 6. Safety precautions

Sodium hydroxide is a strong caustic. Solutions of sodium hydroxide are corrosive and damaging to human skin. Great care should be taken when handling the sodium hydroxide solution in this method.

## 7. Sampling

7.1 For wood, obtain a sample and prepare wood meal in accordance with TAPPI T 257 "Sampling and Preparing Wood for Analysis."

**CAUTION:** Do not extract wood meal with organic solvents or water prior to the testing.

7.2 For pulp, obtain a sample equivalent to about 10 g oven-dry in accordance with a predetermined sampling procedure.

7.2.1 If the sample is taken from a pulp sheet, split it in layers and tear by hand into small pieces about 10 mm across. Do not cut or shred the pulp by mechanical devices.

7.2.2 If the sample is a slush pulp, filter it on a Büchner funnel and press between blotters to remove water. Tear the pulp into small pieces and dry thoroughly in air or in an oven at a temperature not higher than 60°C.

## 8. Test specimens

8.1 Allow the sample to come to moisture equilibrium in the atmosphere near the balance; then weigh out two test specimens of  $2.0 \pm 0.1$  g to the nearest 1.0 mg. Place the test specimens in 200-mL tall-form beakers.

8.2 At the same time weigh a specimen for moisture determination, in accordance with TAPPI T 264 "Preparation of Wood for Chemical Analysis," TAPPI T 210 "Sampling and Testing Wood Pulp Shipments for Moisture," or TAPPI T 550 "Determination of Equilibrium Moisture in Pulp, Paper, and Paperboard for Chemical Analysis."

## 9. Procedure

9.1 To the wood meal, add  $100 \pm 1$  mL of 1% NaOH solution and stir with a glass rod.

9.2 To the pulp add 75 mL of 1% NaOH solution and stir with the pulp dispersion apparatus until the pulp is dispersed. Raise the stirrer and remove the adhered pulp fibers with a glass rod. Rinse with 25 mL of the NaOH reagent, adding it to the beaker so that  $100 \pm 1$  mL of the reagent are added to the pulp.

**NOTE 1:** Some pulps could be dispersed readily by stirring and macerating with a glass rod; however, complete dispersion is essential, and too low a solubility value will be obtained if the pulp dispersion is not complete.

9.3 Cover the beaker with a watch glass and place in a water bath maintained at 97° to 100°C for a period of 60 min. Keep the water in the bath boiling and its level above that of the alkali solution in the beaker.

9.4 Stir the pulp with a rod for about 5 s at 10, 15, and 25 min after placing in the bath.

9.5 At the end of 60 min transfer the material to a tared filtering crucible and wash with 100 mL of hot water. Then add 25 mL of 10% acetic acid and allow to soak for 1 min before removal. Repeat this step with a second 25-mL portion of 10% acetic acid. Wash the material finally with hot water until acid free.

9.6 Dry the crucible and contents in an oven at  $105^\circ \pm 3^\circ\text{C}$  to a constant weight, cool in a desiccator, and weigh.

## 10. Calculation

Calculate the percent solubility (*S*) as follows:

$$S = [(A - B)/A] \times 100$$

where

A = oven-dry weight of the test specimen before extraction, g

B = oven-dry weight of the test specimen after extraction, g

## 11. Report

Report 1% sodium hydroxide solubility as an average of two determinations to the nearest 0.1%.

## 12. Precision

- 12.1 Repeatability: wood, 0.45%; pulp, 0.36%.
- 12.2 Reproducibility: wood, 1.96%; pulp, 2.04%.
- 12.3 Comparability: not known.
- 12.4 Repeatability and reproducibility values were obtained from an interlaboratory study conducted by nine laboratories on four wood and four bleached pulp samples and are stated in accordance with TAPPI T 1206 "Precision Statement for Test Methods." Solubility of wood samples in 1% NaOH ranged from 11.2 to 17.0%; that of pulp samples, from 2.6 to 7.6%.

## 13. Keywords

Sodium hydroxide, Solubility, Wood, Pulp, Carbohydrates, Hemicellulose, Cellulose, Caustic solubles

## 14. Additional information

- 14.1 Effective date of issue: February 25, 1998.
- 14.2 Related methods: ANSI O13.8, American National Standards Institute, New York, NY; ASTM D 1109, "One Percent Caustic Soda Solubility of Wood," American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA; APPITA P5, "Solubility of Wood in Boiling Tenth Molar Sodium Hydroxide," Technical Association of the Australian and New Zealand Pulp and Paper Industry, Parkville, Australia; CPPA G.6 and 7, "One Percent Caustic Soda Solubility of Wood and Pulp," Canadian Pulp and Paper Association, Montreal, Canada.

## Literature Cited

1. Morgan, H. W., "Wood Evaluation for Soda Pulp Manufacture," *Paper Trade J.* 92 (15): 51 (1931).
2. Procter, A. R., and Chow, W. M., "A Chip Quality Index for Rot," *Pulp Paper Mag. Can.* 74 (7): 97 (1973).
3. Anderson, O. E., "Some Causes for Non-Uniformity in Sulfite Pulp Manufacture," *Paper Trade J.* 104 (6): 42 (1937).

Your comments and suggestions on this procedure are earnestly requested and should be sent to the TAPPI Technical Operations Manager. ■

## ANEXO 18

### EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL KAPOK SEGÚN INDIVIDUO DE COSECHA

Nivel altitudinal	Clase diamétrica	Código	Calidad				Observaciones
			Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	
Alto: 900-1200 m.s.n.m.	cd 3	1A			X		Tendiendo a malo
	cd 2	2A			X		Tendiendo a bueno
	cd 1	3A				X	
	cd 2	4A		X			
	cd 2	5A				X	
	cd 3	6A			X		
	cd 1	7A				X	
	cd 3	8A		X		X	Muy escasa cantidad del estado "Bueno"
	cd 1	9A		X		X	El estado "Bueno" tiende a regular
Bajo: 700-900 m.s.n.m	cd 1	1B			X		Entre regular y bueno
	cd 3	2B			X		
	cd 1	3B	X				
	cd 2	4B		X			
	cd 3	5B		X			
	cd 1	6B			X		
	cd 3	7B			X		Entre regular y bueno
	cd 2	8B		X			Tendiendo a regular
cd 2	9B		X				

Los parámetros de calidad fueron: blancura de la fibra, elasticidad del copo, resistencia de la fibra al manipuleo