

## DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS ISOTERMAS DE SORCIÓN Y EL PSF-PUNTO DE SATURACIÓN DE FIBRA-DE LA ESPECIE DE BAMBÚ *Phyllostachys pubescens* Mazel

### Determination of the Iso-thermal curves of sorption and the FSP (Fiber Saturation Point) of bamboo species *Phyllostachys pubescens* Mazel

#### RESUMEN

La determinación de las curvas isotermas de sorción para la especie de Bambú *Phyllostachys pubescens* Mazel se realizó bajo normas DIN 50 008 y DIN 50 183. Se estudiaron tres tratamientos: natural, natural laqueado y carbonizado. Los ambientes seleccionados fueron las siguientes humedades relativas y de temperatura constantes (31%/20° C), (66%/20° C), (86%/20° C) y (100%/20° C) respectivamente, bajo condiciones externas humedad relativa de 65% en el salón de pruebas.

El PSF- Punto de saturación de Fibra para la especie de Bambú *Phyllostachys pubescens* Mazel está entre 32 – 34% de contenido de humedad, con un coeficiente de variación promedio de 6%.

**PALABRAS CLAVES:** Sorción, Bambú, PSF, humedad relativa, contenido de humedad .

#### ABSTRACT

*The determination of the isothermal curves of sorption for the specie of Bamboo Phyllostachys pubescens Mazel was made with norms DIN 50 008 and DIN 50 183. Three treatments were studied: natural, lacquered natural and carbonized. The environments selected for relative humidity and constant temperature were (31%/20° C), (66%/20° C), (86%/20° C) and (100%/20° C) respectively, The conditions of the test laboratory room was relative humidity of 65% and 20° C.*

*The FSP - Fiber Saturation Point for the specie of Bamboo Phyllostachys pubescens Mazel is 32 – 34% of moisture content, with an average variation coefficient of 6%.*

**KEYWORDS:** Sorption, Bamboo, FSP, relative humidity, moisture content.

#### 1. INTRODUCCIÓN

Toda madera completamente seca, puesta en contacto con aire o con vapor de agua, lo admitirá hasta que se produzca entre ambos un estado de equilibrio, éste fenómeno se extiende a todos los cuerpos porosos y se denomina *Sorción*, [1],[2] (Kollmann F., 1959; Kneule F., 1975). El fenómeno de *Sorción* depende de muchas variables y factores que pueden alterar los resultados, principalmente la temperatura hace variar el fenómeno adsorción y también la desorción [2] (Kneule F., 1975), el tipo de especie también es un factor importante que la hace variar. Los cuerpos con gran superficie interna tienen gran capacidad a hincharse, se estima que la superficie interna de la madera es aprox.  $2 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{g}$  [1] (Kollmann F., 1959). El fenómeno de *Sorción* aparece

desde el secado total (0%) hasta el PSF<sup>1</sup>. Se conocen varias etapas de Sorción según [3] (Niemz P., 1993): *Sorción Química*, Adsorción y Condensación Capilar. a) *La Sorción Química*, también conocida como Quimisorción ó Adsorción monocapa va desde 0% hasta 6% del CHE<sup>2</sup> con una humedad relativa  $\leq 20\%$ . b) *La Adsorción* donde predomina el fenómeno de la Fisorción, también es conocida como adsorción multicapa va desde 7% hasta 15% del CHE y una humedad relativa  $\leq 60\%$ . c) *La Condensación Capilar* es mayor de 15% del CHE hasta la zona de saturación de fibra con una humedad relativa  $> 60\%$  hasta 100% [4] [3] (Álvarez Noves H., et al. 1992; Niemz P., 1993). Se han hecho investigaciones para determinar una ecuación que pueda calcular el contenido de humedad de equilibrio y

<sup>1</sup> PSF: Punto de Saturación de Fibra

<sup>2</sup> CHE: Contenido Humedad de Equilibrio.

que resume las tres zonas mencionadas, una aproximación la hace [1] (Kollmann, F., 1968),

$$u = u_1 + u_2 + u_3 =$$

$$u = a\varphi + c_1 * e^{-\frac{1}{2}(b_1\psi-1)^2} + c_2 * e^{-\frac{1}{2}(b_2\psi-1)^2} \quad (1)$$

Teniendo que  $\psi = (\varphi - 1)$ , además  $a$ ,  $c_1$ ,  $b_1$ ,  $c_2$  y  $b_2$  son constantes que deben ser determinadas experimentalmente. La composición de las isoterma de sorción  $u$  de acuerdo a la ecuación (1) está conformada en 3 partes,  $u_1$  por adsorción,  $u_2$  por condensación capilar aparente sub-microscópica y  $u_3$  por condensación capilar microscópica libre de agua [1] (Kollmann, F., 1968).

La importancia de la zona de saturación de las fibras radica en que por encima de ella permanecen constantes las dimensiones volumétricas y las propiedades mecánicas de la madera, pero no las dimensiones volumétricas para el caso del bambú [5] [6] [7] (Rehman M.A., & Ishaq S. M., 1947; Liese W., 1985; Qisheng Z., et al. 2002); por debajo produce la merma en las dimensiones volumétricas, pero mejora las propiedades mecánicas [4] (Álvarez Noves H., et al. 1992). Muchos autores llaman a esta zona como PSF; se define como el contenido de humedad al cual el agua libre está totalmente ausente de las cavidades celulares, pero sus paredes están virtualmente saturadas con agua y vapor de agua [3] (Niemz P., 1993), la determinación de éste resulta dificultosa, variando éste de una especie a otra para las maderas [4] (Álvarez Noves H., et al. 1992), pero para el bambú según [8] (Ota M., 1955a) no hay diferencias significativas entre las especies *Phyllostachys pubescens* Mazel, *Phyllostachys reticulata* C. Koch. Se suele tener un rango para las maderas que va de 22 ~ 32 % [1] [9] [10] (Kollmann F., 1959; Siau J.F., 1984; Hoheisel H., 1989), o un rango más amplio 22 ~ 35 % para [3] (Niemz P., 1993) en las maderas foliares y coníferas.

En el bambú por encima de la zona de saturación de fibra se encuentra el agua libre en condiciones de formar gotas en los grandes lúmenes celulares denominados vasos metaxylema [11] (Liese W. & Kumar S., 2003); pero hay que tener en cuenta que no se trata de agua completamente libre, sino que más bien la humedad está ligada a la estructura por fuerzas capilares considerablemente grandes, pero pequeñas en comparación con las fuerzas que unen al agua de hinchazón con el tabique celular. Por debajo de la zona de saturación de las fibras el agua se encuentra bien como un líquido ligado coloidalmente, en los espacios intercelulares o bien en forma de vapor de agua [1] (Kollmann F., 1959).

En la bibliografía reportada para el bambú se menciona el valor del PSF en [8] [12] (Ota M., 1955a; 1955c) para las especies *Phyllostachys pubescens* Mazel, *Phyllostachys reticulata* C. Koch [8] (1955a) y las especies *Phyllostachys pubescens* Mazel, *Phyllostachys reticulata* C. Koch y *Phyllostachys nigra* [12] (1955c) referenciados en [6] [13] [11] (Liese W., 1985; Abd. RazaK O., et al 1995; Liese W., 2003) con valores de 13% y 20% respectivamente. En el primer documento [8] (Ota M., 1955 a) menciona el (PSF) de 12,9±0,97% obtenido por método indirecto del efecto del contenido de humedad en la hinchazón radial y tangencial de las dos especies. En el segundo documento [12] (Ota M., 1955 c) calcula el (PSF) también por método indirecto de los estudios que se derivan del test de esfuerzo de cizalladura vs de contenido de humedad, para las especies *Phyllostachys pubescens* Mazel, *Phyllostachys reticulata* C. Koch y *Phyllostachys nigra* var, concluye un (PSF) promedio de 20,4±1,2% y un coeficiente de variación de 9,2%. Para otros autores como Kishen J. et al. (1956); Sharma (1988) referenciados en [14] (Kumar S., et al. 1994) el PSF para el bambú oscila entre 20 ~ 22%.

En esta publicación se presentan los resultados del experimento de sorción realizado a la especie de bambú *Phyllostachys pubescens* Mazel, realizada en los laboratorios de investigación en maderas de BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FUR FORST – UND HOLZWIRTSCHAFT (BFH) de la Universidad de Hamburgo en Alemania. Esta investigación es importante para los procesos de industrialización y secado de las especies en bambú.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Materiales

El material empleado en el experimento de Sorción fue la especie de bambú *Phyllostachys pubescens* Mazel, como producto final en tablas de parquet laminado. Se seleccionaron 2 referencias de producto, parquet claro o natural y parquet oscuro ó carbonizado, Tabla N° 1. En las muestras se analizaron 3 tipos de tratamiento, 2 de parquet laqueado y parquet carbonizado y 1 de parquet natural. Para éste experimento solo se realizaron pruebas de adsorción desde 0% hasta 100% del contenido de humedad de equilibrio. Las muestras se tomaron de 6 tablas diferentes, de cada tabla se cortaron 24 trozos de 50 mm (L) x 10 mm (R) x 10 mm (T), en total se emplearon 144 trozos que se distribuyeron en cada uno de las humedades relativas 31%, 66%, 86%, 100% respectivamente. En cada uno de los ambientes se introdujeron 36 trozos, es decir 6 trozos por cada muestra.

MUESTRAS	TRATAMIENTO
Muestra A	Natural Laqueado
Muestra B	Natural Laqueado
Muestra C	Natural
Muestra D	Natural
Muestra E	Carbonizado
Muestra F	Natural

Tabla 1. Bambú *Phyllostachys pubescens* Mazel, con diferentes Tipos de tratamientos

Todas las muestras se secaron hasta obtener un contenido de humedad de 0%, durante 24 horas a una temperatura de  $105 \pm 1^\circ\text{C}$ , y posteriormente pesadas en balanza 0,001 g. de precisión, después las muestras fueron colocadas en el desecador, luego se introdujeron en pequeñas cámaras climatizadas y aireadas con ventilación mecánica lenta, que agitaba el ambiente de la solución produciéndose un determinado clima en el ambiente, éste clima que se produce depende de la humedad del aire y la presión de vapor de agua de la solución. Con lo anterior, en cada clima-cámara con igual temperatura y una misma solución humedecedora se consigue un estado de equilibrio de la presión parcial del vapor de agua en el aire igual a la presión de vapor de agua sobre la solución. Ésta presión parcial es pequeña con respecto a la presión de vapor de agua, el agua es desmineralizada. Se midieron los pesos de las muestras hasta que alcanzaron su peso constante durante 5 días, luego se midió el contenido de humedad de equilibrio de acuerdo a la norma [15] DIN 52 183 para determinación de los contenidos de humedad.

SOLUCIÓN	FORMULA QUÍMICA	Humedad Relativa %U y Temperatura $t^\circ\text{C}$
Cloruro de Calcio	$\text{CaCl}_2 \times 6 \text{H}_2\text{O}$	31% , $20^\circ\text{C}$
Nitrato de Sodio	$\text{NaNO}_2$	66% , $20^\circ\text{C}$
Cloruro de Sodio	KCl	86% , $20^\circ\text{C}$
Agua	$\text{H}_2\text{O}$	100% , $20^\circ\text{C}$

Tabla 2. Soluciones salinicas para diferentes valores de Humedad Relativa %U a  $20^\circ\text{C}$  de Temperatura

El método de climatización se hizo de acuerdo la norma [16] DIN 50 008. Se emplearon las siguientes soluciones para los diferentes ambientes o climas:  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaNO}_2$ , KCl y  $\text{H}_2\text{O}$ . Para obtener ambientes en condiciones de temperatura y humedad relativa de (31/20), (66/20), (86/20) y (100/20) respectivamente, bajo condiciones constantes de temperatura y humedad relativa de  $20^\circ\text{C} / 65\%$  en el salón de pruebas, Tabla N° 2.

## 2.2 Equipos

Se emplearon 4 recipientes de vidrio de aprox. 40 cm (L) x 30 cm (b) X 30 cm (h) cerrados en la parte superior y con agitación mecánica lenta para el movimiento del aire en el ambiente, donde se depositó la solución y se colocaron las muestras sobre una parrilla acerada. La medición de la humedad se hizo en dos formas, medición eléctrica y medición gravimétrica; la medición eléctrica se efectuó con equipo medidor de humedad marca GANN. Se empleo balanza marca Sartorius LP3200D con 0,001 g. de precisión.



Figura 1. Proceso de pesado inicial de muestras



Figura 2. Proceso de acondicionamiento y Climatización de muestras

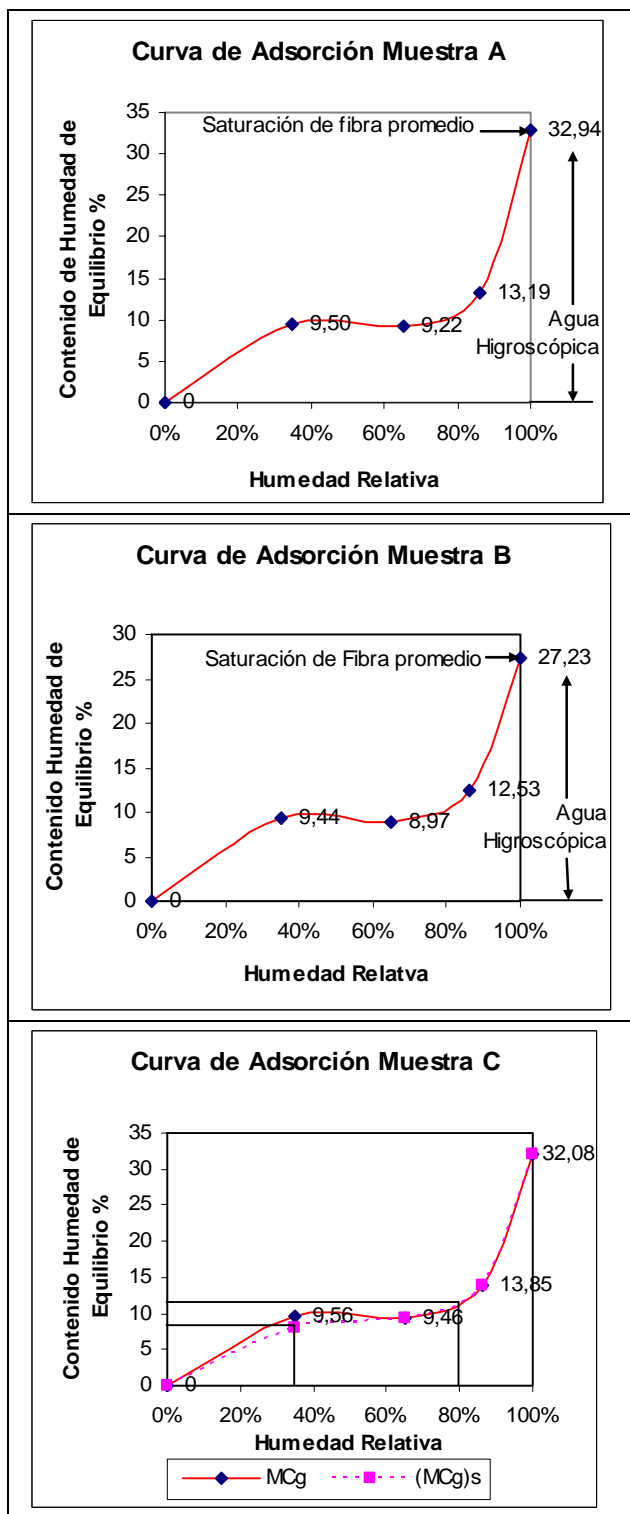


Figura 3. Proceso de secado de muestras

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se muestran en la Tabla N° 3, corresponden a la humedad de equilibrio de la especie de Bambú *Phyllostachys pubescens* Mazel, para cada uno de los 4 ambientes estudiados. Los resultados para la humedad relativa de (20/31), presentan un comportamiento atípico de lo que son las isothermas de adsorción, éstos resultados del contenido humedad de equilibrio en todos los casos estuvieron por encima de los datos correspondientes a (20/66), lo que supone un incremento progresivo del nivel de la solución, que pudo alterar éstos resultados. Esta situación se muestra en la Figura N° 2, en la curva de adsorción de la muestra C, el resultado ideal era la línea punteada en el punto correspondiente a 31% de HR, ésta situación se presentó en las seis curvas, lo que indica algún inconveniente en la solución de Cloruro de Calcio.

Los resultados obtenidos del proceso de medición de la humedad eléctricamente, con aparato de medición marca GANN, ubicado en escala N° 1 y escala de 20°C de temperatura. De acuerdo a los datos de la Tabla N° 3, éstos se presentan en la columna MCE<sup>3</sup>, los resultados de MCE conservan un delta de proporción en la zona seca de 4± 1% mayor que MCg<sup>4</sup> es decir por encima del contenido de humedad de (20/31) y por debajo (20/65).



<sup>3</sup> MCE: Contenido de Humedad medición eléctrica.

<sup>4</sup> MCg: Contenido de Humedad medición gravimétrica.

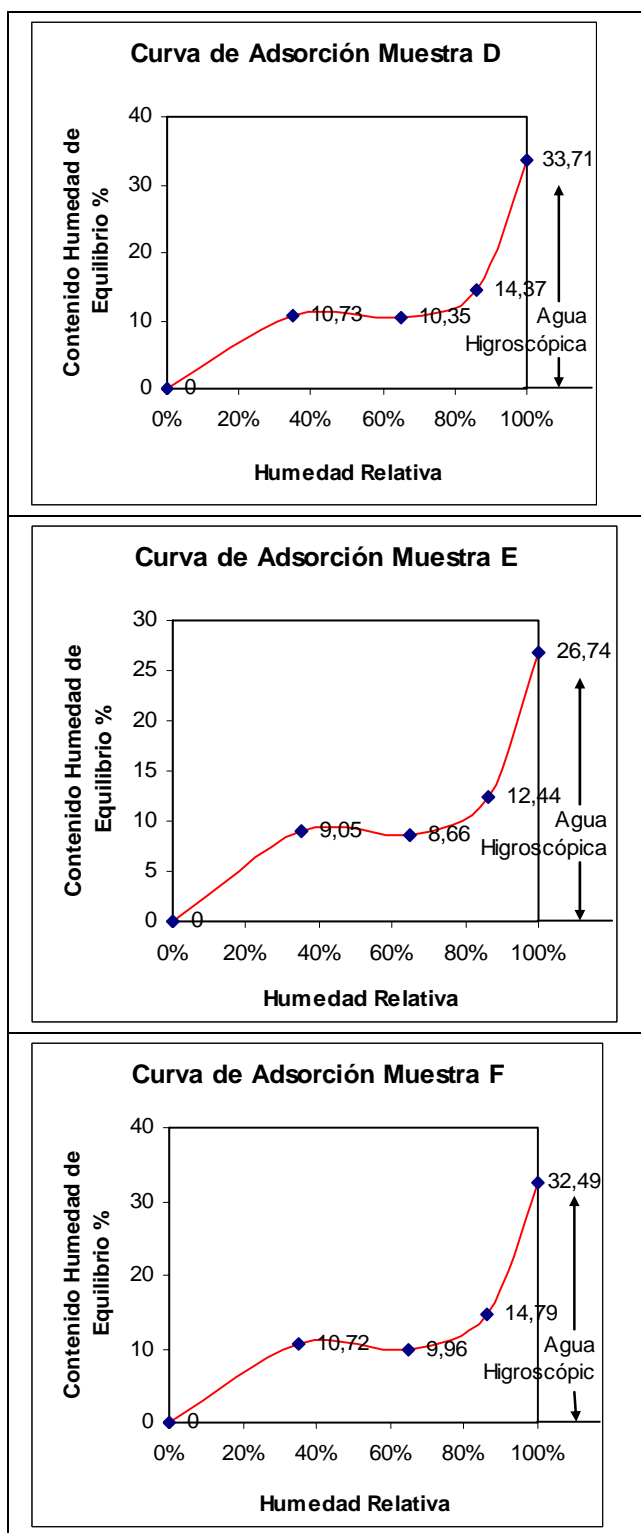


Figura 2. Curvas de Sorción para cada uno de los muestras empleados en el Experimento de la especie *Phyllostachys pubescens*.

Con la Tabla N° 3, se calcularon los %CV (coeficientes de variación) para los contenidos de humedad medidos en forma gravimétrica (MCg), son más bajos que los medidos eléctricamente.

Los resultados en la zona de saturación de fibra de las muestras en estado natural fueron muy similares en sus promedios, éstas muestras fueron **C, D y F** sus valores fueron 32,08%, 33,71% y 32,49%. Las muestras **A y B**, tenían un tratamiento superficial de laqueado, los resultados para la zona de saturación de fibra fueron variados, la muestra A tuvo un valor de 32,94 y para B de 27,23%. La muestra **E** que tenía un tratamiento de carbonizado su resultado fue el menor valor de todos los resultados, este de 26,74%.

Relativa Humedad	N°	Muestra A		Muestra B		Muestra C		Muestra D		Muestra E		Muestra F	
		MCg %	MCE %	MCg %	MCE %	MCg %	MCE %	MCg %	MCE %	MCg %	MCE %	MCg %	MCE %
35%	1	9,7	19,9	9,80	12	9,43	13,4	10,89	16,7	9,15	12,2	10,95	14,9
	2	9,47	16,3	9,73	15,1	9,98	14,4	11,10	16,8	8,81	11,5	10,90	14,4
	3	9,34	13,5	9,66	14,1	9,21	12,7	10,77	15,1	8,85	15,1	10,38	14,9
	4	9,55	15,1	9,01	10,2	9,49	12,5	10,59	17,9	9,87	12,8	10,85	13,9
	5	9,39	15,4	9,32	9,5	9,84	14,3	10,31	17,7	8,83	12,4	10,67	14,5
	6	9,55	14,9	9,09	12,2	9,40	13,7	10,73	17,9	8,76	11,1	10,56	13,2
Promedio		9,50	15,85	9,44	12,18	9,56	13,50	10,73	17,02	9,05	12,52	10,72	14,30
Xmax		9,70	19,90	9,80	15,10	9,98	14,40	11,10	17,90	9,87	15,10	10,95	14,90
Xpro		9,50	15,85	9,44	12,18	9,56	13,50	10,73	17,02	9,05	12,52	10,72	14,30
Xmin		9,34	13,50	9,01	9,50	9,21	12,50	10,31	15,10	8,76	11,10	10,38	13,20
s		0,129	2,18	0,342	2,161	0,291	0,79	0,268	1,08	0,43	1,41	0,22	0,65
CV%		1,36	13,76	3,62	17,74	3,05	5,87	2,50	6,36	4,72	11,25	2,07	4,57
65%	1	9,04	12,8	8,63	10,1	8,90	12,3	10,59	19,2	8,74	10,5	9,90	11,2
	2	9,41	15,5	8,78	10,6	9,85	12,5	10,06	15,4	8,82	11,3	9,91	13,1
	3	9,45	13,6	9,49	14,3	9,90	13,4	10,58	16,5	8,73	11,7	9,72	11,7
	4	9,10	14,7	9,26	14,3	9,20	12,6	10,12	15,4	8,61	10	9,93	12,5
	5	9,16	14,2	8,57	11,3	9,81	12,9	10,16	16	8,60	10	10,31	13,2
	6	9,18	14,8	9,09	11,1	9,12	12,7	10,60	16,8	8,48	11,3	9,96	12,3
Promedio		9,22	14,27	8,97	11,95	9,46	12,73	10,35	16,55	8,66	10,80	9,96	12,33
Xmax		9,45	15,50	9,49	14,30	9,90	13,40	10,60	19,20	8,82	11,70	10,31	13,20
Xpro		9,22	14,27	8,97	11,95	9,46	12,73	10,35	16,55	8,66	10,80	9,96	12,33
Xmin		9,04	12,80	8,57	10,10	8,90	12,30	10,06	15,40	8,48	10,00	9,72	11,20
s		0,168	0,96	0,369	1,867	0,439	0,38	0,263	1,42	0,12	0,73	0,19	0,78
CV%		1,82	6,72	4,11	15,63	4,64	3,01	2,54	8,56	1,42	6,78	1,94	6,34
86%	1	12,99	25	13,48	25,9	14,20	22,6	14,05	22,9	12,74	18,9	14,85	23,1
	2	12,70	26	11,86	21,3	14,19	27	14,98	23,7	12,13	17	14,42	18,6
	3	13,66	23,2	12,45	23	13,85	19,4	14,57	22,2	12,12	21,9	14,54	24,2
	4	13,10	28,9	12,11	21,6	13,23	16,7	14,57	25,3	12,10	17	15,41	26,3
	5	13,29	25,6	12,68	18,7	13,76	21,8	14,06	24,5	12,63	18,8	14,63	22,3
	6	13,38	24,8	12,60	20,4	13,88	23,6	14,01	21,9	12,92	17	14,88	23,9
Promedio		13,19	25,58	12,53	21,82	13,85	21,85	14,37	23,42	12,44	18,43	14,79	23,07
Xmax		13,66	28,90	13,48	25,90	14,20	27,00	14,98	25,30	12,92	21,90	15,41	26,30
Xpro		13,19	25,58	12,53	21,82	13,85	21,85	14,37	23,42	12,44	18,43	14,79	23,07
Xmin		12,70	23,20	11,86	18,70	13,23	16,70	14,01	21,90	12,10	17,00	14,42	18,60
s		0,333	1,89	0,559	2,454	0,355	3,54	0,395	1,33	0,37	1,93	0,35	2,57
CV%		2,53	7,38	4,46	11,25	2,57	16,20	2,75	5,66	2,94	10,44	2,38	11,13
100%	1	33,84	61,3	26,02	44,6	32,12	50,8	34,59	59,5	28,29	44,6	35,31	59,4
	2	31,90	71,6	29,13	53,4	29,57	42,1	35,02	61,7	25,49	41,5	31,10	50,6
	3	32,21	56	26,32	44,1	29,84	50,9	30,25	54,5	25,88	48,2	26,74	47,3
	4	33,20	69	26,73	48	35,08	45,8	34,15	59,7	28,74	42,9	30,23	48,6
	5	33,25	71,5	26,78	46,9	32,52	44,1	34,86	64,6	26,84	41,2	35,74	58
	6	33,24	60,1	28,39	47,6	33,36	51,1	33,36	51,1	25,17	51,8	35,84	50,7
Promedio		32,94	64,92	27,23	47,43	32,08	47,47	33,71	58,52	26,74	45,03	32,49	52,43
Xmax		33,84	71,60	29,13	53,40	35,08	51,10	35,02	64,60	28,74	51,80	35,84	59,40
Xpro		32,94	64,92	27,23	47,43	32,08	47,47	33,71	58,52	26,74	45,03	32,49	52,43
Xmin		31,90	56,00	26,02	44,10	29,57	42,10	30,25	51,10	25,17	41,20	26,74	47,30
s		0,732	6,64	1,241	3,328	2,105	3,98	1,794	4,91	1,5	4,19	3,74	5,04
CV%		2,22	10,23	4,56	7,02	6,56	8,37	5,32	8,39	5,59	9,30	11,50	9,61

Tabla 3. Resultados de los valores del contenido humedad de equilibrio, para cada una de las humedades relativas del ambiente.

La forma de las curvas de Sorción de la corteza externa de la madera en [3] (Niemz P.,1993) resulta ser similar a la forma de las curvas de Sorción de la especie estudiada, también podríamos decir de acuerdo a [2] (Kneule F., 1975) están dentro de una clasificación de gráficos de Isotermas de Sorción de Typ II: Que significa que en la zona b) de adsorción es de baja presión de vapor de equilibrio, en la zona alta c) los valores son por Condensación Capilar.

Es importante observar en las curvas de la Figura N° 2 que para un rango de humedad relativa entre 35% a 80%, corresponde un delta de contenido humedad de equilibrio ( $\Delta CHE$ ) ~3% para el Bambú natural, muestra C en y de ~2% para el Bambú con tratamiento carbonizado, muestra E en Figura N° 2 ; éste rango de contenido humedad de equilibrio oscila entre 8% a 12%, simulando un valor para 35%, más bajo que el de 65%. Ésta observación puede ser interesante a tener en cuenta para los programas de secado del bambú y para sus aplicaciones y usos.

#### 4. CONCLUSIONES

Las curvas isotermas de sorción presentan todas el mismo comportamiento y tendencia.

La muestra carbonizada presento el valor más bajo, lo que indica la influencia del tratamiento en el PSF.

Éste experimento principalmente se hizo para obtener la zona de saturación de fibra (PSF) de la especie *Phyllostachys pubescens* Mazel, por un método directo y bajo normas internacionales, diferente a los métodos indirectos empleados por otros investigadores referenciados en la Bibliografía. Se concluye que el (PSF) está en el rango entre 32 ~ 34%, con un promedio del CV% de 6% para las muestras de la especie estudiada.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] KOLLMANN, F. – Tecnología de la Madera y sus aplicaciones. Tomo I – Editorial : Gráficas Reunidas, S. A. Madrid 1959. 675 pp.
- [2] KNEULE, F. – Das Trocknung Grundlagen der chemischen technik, Verlag: Sauerländer Aarau und Frankfurt am Main 1975, 720 s.
- [3] NIEMZ, P. – Holz Anatomie – Chemie – Physik: Physik des Loses und der Holzwerkstoffe – Verlag: Leinfelden-Echterdingen DRW Weinbrenner GMBH 1993. 227 s.
- [4] ALVAREZ-NOVES, H., Fernandez-Golfín Seco, J.I. – Fundamentos teóricos del secado de la madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Editorial: Neografis S. L., Madrid 1992. 193 pp.
- [5] REHMAN M. A., Ishaq S. M.: Seasoning and Shrinkage of Bamboo. Indian Forest Records, Vol. 4 N°2, Forest Research Institute, Dehra Dun India 1947, pp. 20.
- [6] LIESE, W. (1985): The Anatomy and Properties of Bamboo. Recent Research on Bamboo, Proceedings of the International Bamboo Workshop, Hangzhou Republic of China , 1985, pp. 196-209.
- [7] QISHENG, Z., Shenxue, J., and Yongyu T. – Industrial utilization on Bamboo. INBAR, Technical Report N° 26, Beijing China 2002, 207 pp.
- [8] OTA M. - Studies on the Properties of Bamboo Stem (Part 11) On the Fiber-Saturation Point obtained from the Moisture Content on the Swelling and Shrinkage of Bamboo Splint. Bulletin N° 254 Kyushu University, Japan 1955a, 61 – 72 pp.
- [9] SIAU, J. F. – Transport Process in Wood. Springer Series in Wood Science. Spriger-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, 1984. 245 pp.
- [10] HOHEISEL, H. – Manual del Grupo Andino para el Secado de Maderas. Junta de acuerdo de Cartagena, Editorial: Carvajal S. A., Perú 1989, 418 pp.
- [11] LIESE, W., Kumar, S. - Bamboo preservation compendium. INBAR - CIBART, ABS-Technical Report No 22, New Delhi 2003. 231 pp.
- [12] OTA, M. – Studies on the Properties of Bamboo Stem (Part 13) On the Relation between Shearing Strength Parallel to Grain and Moisture Content of Bamboo Splint. Bulletin N° 254 Kyushu University, Japan 1955a, 61 – 72 pp
- [13] ABD. RAZAK, O., Abd. Latif, M., Liese, W., Norini, H. - Planting and utilization of bamboo in peninsular Malaysia. FRIM Report No. 118, Kuala Lumpur 1995. 117pp.
- [14] Kumar S., Shuka K.S., Tndra D., Dobriyal P.B. – Bamboo Preservation Techniques: A Review. INBAR & ICFRE, New Delhi 1994, [http://www.inbar.int/publication/txt/INBAR\\_Technical\\_Report\\_No\\_03.htm](http://www.inbar.int/publication/txt/INBAR_Technical_Report_No_03.htm)
- [15] DIN 52 183 – Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes. Beuth Verlag : Berlin, 2 s.
- [16] DIN 50 008 – Konstantklimate über wässrigen Lösungen. Beuth Verlag : Berlin, 4 s.