

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA MEDICION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN *Schinopsis balansae*

*Effect of temperature on the measurement of moisture content
in Schinopsis balansae*

María Alicia Judis¹, José María Paz¹, Ernesto Sanabria¹

Recibido en noviembre de 1996; aceptado en febrero de 1998

RESUMEN

La medición del contenido de humedad en maderas es influenciada por la temperatura y por las diferentes especies cuando se utilizan xilohigrómetros resistivos. El objetivo del presente trabajo fue determinar una ecuación matemática que exprese la influencia de la temperatura en la medición del contenido de humedad, por debajo del punto de saturación de las fibras, para *Schinopsis balansae*, con la posibilidad de que las correcciones puedan ser llevadas a cabo por controladores lógicos programables. Como resultado se obtuvo una ecuación de segundo grado que relaciona el contenido de humedad real, el contenido de humedad medido y la temperatura, válida por debajo de 90 °C.

Palabras clave: Contenido de humedad, xilohigrómetro, *Schinopsis balansae*.

ABSTRACT

The measurement of moisture content in wood is influenced by both temperature and species, when-resistance type moisture meters are used. The aim of this paper was to determine a mathematic equation stating the influence of temperature on the measurement of moisture content, below fiber saturation point, for *Schinopsis balansae*, with the possibility that corrections can be carried out by programmable logic controller. As a result, a second degree equation was obtained which relates actual moisture content, recorded moisture content and temperature. This equation is valid only below 90 °C.

Key words: Moisture contents, xylohygrometer, *Schinopsis balansae*.

1. INTRODUCCIÓN

El contenido de humedad (C.H.) de la madera tiene una relación aproximadamente lineal con el logaritmo de la conductividad eléctrica por debajo del punto de saturación de las fibras (PSF) para cada especie; por tal razón, el C.H. se puede medir con detectores eléctricos.

La temperatura de la madera afecta los valores de resistencia eléctrica, por lo que las mediciones efectuadas con óhmmetros deben ser corregidas, ya sea por tablas o por compensaciones resistivas promedios en el aparato de medición, normalmente cada diez grados Celsius.

¹ Facultad de Agroindustrias - Universidad Nacional del Nor Este. Cdte.Fernandez 755 - Presidencia Roque Sáenz Peña , 3700. Chaco. Argentina.

Nusser estableció una relación aproximada entre la resistencia y el contenido de humedad, trabajando a 20 °C, válida entre el 6 % y el 25 % de C.H. (Manual del Grupo Andino para el secado de maderas, 1989).

También Keylwerth y Noack elaboraron una ecuación general para maderas, teniendo en cuenta las variaciones de la resistencia eléctrica a distintas temperaturas (Kollmann y Coté, 1968).

Por otra parte, Davidson (1958), Brown et al. (1963) y Lin (1965) explicaron en detalle que la resistencia eléctrica de la madera decrecía sensiblemente con la temperatura y el contenido de humedad. Además estos autores explicaban que pequeñas cantidades de extractivos disminuyen la resistencia eléctrica de la madera.

James elaboró curvas de nivel de C.H. real (Skaar 1972), donde relaciona el C.H. medido con la temperatura (°F). Este investigador también graficó la resistencia eléctrica en función del contenido de humedad para cuatro especies estadounidenses (Skaar 1972).

Por esto el objetivo de este trabajo es determinar la ecuación matemática que exprese la influencia de la temperatura en las mediciones del contenido de humedad para *Schinopsis balansae*, realizadas a través de xilohigrómetros resistivos, por debajo del punto de saturación de las fibras, para que de esta manera, en el secado artificial, las correcciones puedan ser llevadas a cabo a través de controladores lógicos programables o P.C..

2. MATERIALES Y MÉTODOS

A los efectos de llevar a cabo el presente estudio, se utilizaron 27 muestras de *Schinopsis balansae*, extraídas de árboles de entre 40 y 50 cm de diámetro a la altura de pecho, midiendo el contenido de humedad en los niveles prefijados por el diseño estadístico adoptado, con xilohigrómetro digital marca Gann HT 85, y obteniendo el C.H. real en cada muestra por aplicación de la Norma IRAM N° 9532.

Se adoptó un diseño experimental factorial 3^2 , con tres repeticiones en cada punto. Se eligió este diseño debido a la curvatura de la función que estudiamos y para minimizar las experiencias; además se establecieron tres repeticiones para poder valorar el error experimental.

Se establecieron los niveles de las variables teniendo en cuenta el C.H. máximo de la especie en estudio (40 %) y las temperaturas de trabajo de los secaderos convencionales.

Las variables independientes y sus respectivos niveles transformados se detallan a continuación:

- Temperatura con niveles de 50, 70 y 90 °C.
(correspondientes a -1, 0, 1)
- Contenido de Humedad medido 9, 20 y 31 C.H.
(correspondientes a -1, 0, 1)

Por lo tanto, las conclusiones del presente trabajo son únicamente válidas dentro de los límites precedentemente establecidos para las variables independientes.

Para la determinación del C.H. real se utilizó la Norma IRAM N° 9532, secando las muestras en estufa a 50, 70 y 90 °C, obteniendo posteriormente el peso anhidro a 105 °C, para lo cual se utilizó una balanza analítica con 0,001 g de precisión.

Los valores de temperatura, C.H. medido y C.H. real se expresan en la tabla 1 y fueron analizados mediante un programa estadístico.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de temperatura y CH medido (CHmed) y su respuesta CH real (CHreal) se detallan a continuación:

Tabla 1. Datos experimentales

Muestra N°	Temp.	CHmed	CHreal	Muestra N°	Temp	CHmed	CHreal
1	50	9	5.8	15	70	20	10.0
2	50	9	6.7	16	90	20	7.9
3	50	9	6.2	17	90	20	8.1
4	70	9	5.5	18	90	20	7.7
5	70	9	5.2	19	50	31	20.1
6	70	9	5.0	20	50	31	20.6
7	90	9	4.0	21	50	31	20.3
8	90	9	4.8	22	70	31	16.3
9	90	9	4.5	23	70	31	18.6
10	50	20	12.7	24	70	31	16.0
11	50	20	12.4	25	90	31	13.0
12	50	20	12.2	26	90	31	13.8
13	70	20	10.5	27	90	31	13.5
14	70	20	11.1				

El análisis estadístico de los datos se detalla en la ANOVA siguiente:

Tabla 2. ANOVA para CH real

Efectos	Suma de Cuadrados	G.L	Cuadrado Medio	F	Probabilidad
A: temp.	87.56056	1	87.56056	695.33	0.0000
B: CH medido	585.96056	1	585.96056	4653.22	0.0000
AB	19.50750	1	19.50750	154.91	0.0000
BB	2.89352	1	2.89352	22.98	0.0001
Lack of fit	0.96306	4	0.24076	1.91	0.1522
Error Puro	2.26667	18	0.12593		
Total (corr.)	699.151852	26			
R ² = 0.995381					

En la tabla de ANOVA se observa que la temperatura, el C.H. medido, la interacción temperatura-C.H. medido y término cuadrático del C.H. medido son altamente significativos (este último es el de menor influencia). El término cuadrático de la temperatura fue eliminado por no ser significativo.

Además la tabla de ANOVA nos indica, a través del *lack of fit* (medida del desajuste de la ecuación), que la ecuación polinómica ajusta, ya que el mismo no es significativo. El R^2 nos indica que más del 99 % de los valores de la variable dependiente (C.H. real) son explicados por la ecuación.

Los coeficientes de regresión se detallan en la tabla siguiente, y corresponden a las variables independientes transformadas; nos indican que la interacción temperatura-C.H. medido tienen una influencia negativa en el C.H. real, pero en menor medida que la temperatura, mientras que el otro efecto principal, C.H. medido, y su término cuadrático tienen un influencia positiva, como se puede observar en las figuras 1 y 2 de superficie de respuesta y curvas de nivel, respectivamente. El término cuadrático del CH medido es el que presenta menor influencia.

Tabla 3. Coeficientes de regresión del C.H. real

Constante	10.311
A: temperatura	2.205
B: CH medido	5.705
AB	1.275
BB	0.694

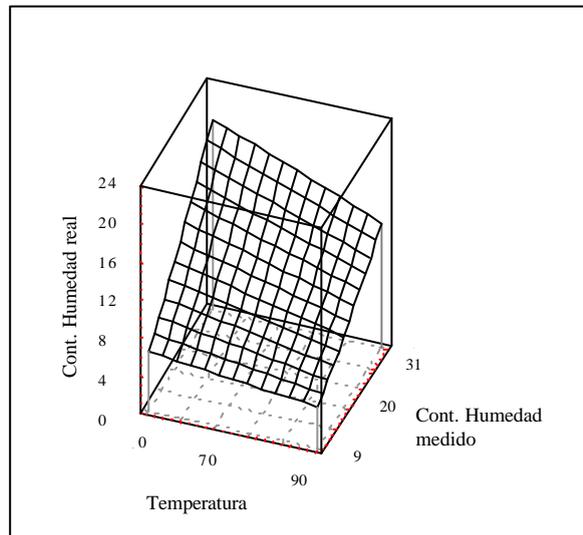


Figura 1. Superficie de respuesta del contenido de humedad para *Schinopsis balansae*

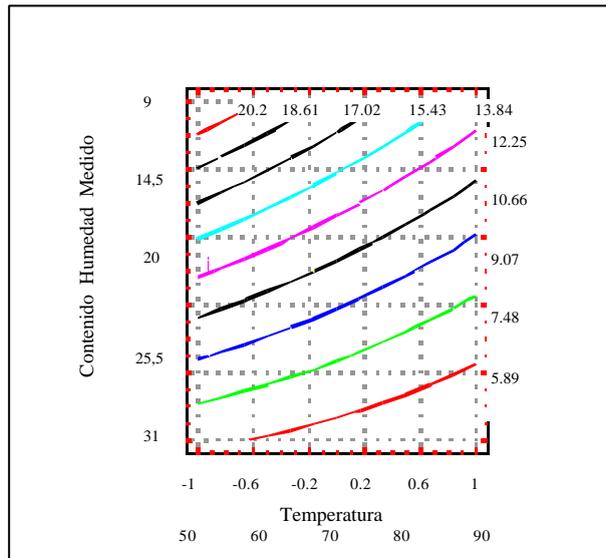


Figura 2. Curvas de nivel del contenido de humedad para *Schinopsis balansae*

4. CONCLUSIONES

Del análisis estadístico se desprende que los coeficientes de regresión para las variables transformadas (tabla 3), que nos dan la ecuación que representa la superficie de respuesta (C.H. real), ajustan a los datos experimentales obtenidos. Por lo tanto, es posible expresar en la siguiente ecuación polinómica, la relación existente entre el C.H. real, el C.H. medido y la temperatura:

$$CH_{real} = 10.311 - 2.205 T + 5.705 CH_m - 1.275 T \times CH_m + 0.694 CH_m^2,$$

donde T y CH_m son los valores de las variables independientes expresados en niveles transformados. Expresando esta ecuación con los valores reales de las variables independientes se obtiene la relación buscada:

$$Ch_{real} = 7.53 - 0.026 T + 0.304 CH_m - 0.0015 T \times CH_m + 0.0014 CH_m^2$$

Esta ecuación es válida para determinar el C.H. real de *Schinopsis balansae*, por debajo del punto de saturación de las fibras en función de la temperatura de secado (entre 50 y 90 °C) y el C.H. medido con xilohigrómetros resistivos (entre 9 y 31 %).

REFERENCIAS

- Skaar, C. 1972. Water in wood. Syracuse University Press. New York. 35-47.
- Manual del Grupo Andino para el secado de maderas. 1989. Junta de Acuerdo de Cartagena, Lima. 1-18.
- Kollman, F. F. P. y W. A. Coté. 1968. Principles of wood science and technology - solid wood I. Springer - Verlag, New York. 183-189.
- Lin, R. T. 1965. A study on the electrical conduction in wood. Prod J. New York. 506-514.
- Davidson, R. W. 1958. The effect of temperature on the electrical resistance of wood. Prod J. New York. 160-164.
- Brown, J. H., R. W. Davidson y C. Skaar. 1963. Mechanism of electrical conduction in wood. Prod J. New York. 545-549.
- Normas IRAM referentes al tema.

