

ESTABILIDAD DIMENSIONAL EN MADERAS NATIVAS Y CULTIVADAS DEL PARQUE CHAQUEÑO

DIMENSIONAL STABILITY IN NATIVE AND CULTIVATED WOOD IN THE PARQUE CHAQUEÑO

Estela Margarita Pan¹
Carlos Raúl López²
Agustín Pascual Ruiz³
Graciela Adriana Moreno⁴

Fecha de recepción: 06/04/2009

Fecha de aceptación: 27/07/2010

1. MSc. Ingeniera en Industrias Forestales. Profesora Adjunta. Instituto de Tecnología de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Avda. Belgrano (S) N° 1912. CP 4200. Santiago del Estero. Argentina. Email: epan@unse.edu.ar.

2. Dr. Ingeniero Forestal. Profesor Asociado. Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Avda. Belgrano (S) N° 1912. CP 4200. Santiago del Estero. Argentina. Email: carlos@unse.edu.ar.

3. Ingeniero en Industrias Forestales. Jefe de Trabajos Prácticos. Instituto de Tecnología de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Avda. Belgrano (S) N° 1912. CP 4200. Santiago del Estero. Argentina. Email: aguruiz@unse.edu.ar.

4. MSc. Ingeniera Forestal. Profesora Adjunta. Instituto de Tecnología de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Avda. Belgrano (S) N° 1912. CP 4200. Santiago del Estero. Argentina. Email: gamoreno@unse.edu.ar.

SUMMARY

One of the most widespread wood applications is its use for pieces of furniture and as building material. Its behavior for those uses greatly depends on its dimensional stability facing changes in the environmental conditions. For this reason, the studies which try to determine the phenomena that affect the dimensional stability are very useful. The study of variables, equilibrium moisture content (EMC), shrinkage and differential swelling coefficients, that summarize the answer of the materials to the atmospheric changes are of decisive importance for the recommendation of the adequate use of each of them for the different environmental conditions. In this context, in this present work, the behavior of species in combination with climatic conditions in order to determine the dimensional stability of each species and condition has been studied. The purpose of the study was to propose the best use according to the final use. For these objectives, the obtained results allowed to establish that of the 9 (nine) studied species, the "lapacho" trees and "paraíso" trees presented the minor dimensional stability in the climatic condition of 85%. This result is the same for the "lapacho" tree in the remaining studied atmospheres, while the "kiri" tree was the species that presented the best values of dimensional stability for all climatic atmospheres.

Key words: Dimensional stability, shrinkage coefficient, differential swelling coefficient, equilibrium moisture content.

RESUMEN

Una de las aplicaciones más difundidas de la madera es su uso en mueblería y construcción. El comportamiento de las mismas para los usos señalados, depende en gran medida de su estabilidad dimensional frente a los cambios en las condiciones ambientales. Por esta razón, son de suma utilidad los estudios tendientes a determinar los fenómenos que inciden en la estabilidad dimensional. El estudio de variables, humedad de equilibrio, coeficiente de retractabilidad e hinchamiento diferencial que resumen la respuesta de los materiales a los cambios atmosféricos son de decisiva importancia para la recomendación del uso adecuado de cada una de ellas, para las diferentes condiciones ambientales. En este contexto, en el presente trabajo fueron estudiados el comportamiento de especies en combinación con condiciones climáticas para determinar la estabilidad dimensional de cada especie y condición con la finalidad de proponer el uso óptimo según las condiciones de aplicación. Para estos fines, los resultados obtenidos permitieron establecer que de las 9 (nueve) especies estudiadas, el lapacho y paraíso presentaron la menor estabilidad dimensional, en la condición climática de 85 %, repitiéndose este resultado para el lapacho en los restantes ambientes estudiados; mientras que la especie que presentó una mayor estabilidad dimensional en todos los ambientes climáticos, fue el kiri.

Palabras clave: Estabilidad dimensional, coeficiente de retractabilidad, hinchamiento diferencial, humedad de equilibrio.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Una de las aplicaciones más difundida de la madera es su uso en mueblería y construcción. Su comportamiento para los usos señalados, depende en gran medida de su estabilidad dimensional frente a cambios de las condiciones ambientales.

“La selección errónea de la especie conduce a problemas que son atribuidos generalmente a una mala construcción” (CUEVAS 1988). Este autor reporta un criterio de selección de las opciones comerciales disponibles en Chile para su uso como materiales de construcción en base a una valorización de estabilidad dimensional, durabilidad natural y comportamiento de superficie.

CUEVAS (1988), describe variaciones dimensionales en algunas especies por cada 1 % de cambio en el contenido de humedad bajo el Punto de Saturación de las Fibras (P.S.F.) y da recomendaciones generales para su mejor uso en construcción.

ROSENDE y CASTILLO (1973) calcularon valores de porcentaje de juego en sentido radial y tangencial para algunas maderas, realizando determinaciones experimentales en maderas de uso comercial, siendo el único medio para conocer con exactitud la estabilidad dimensional o "juego" antes de colocar la madera en servicio.

GOULET y FORTÍN (1975), citados por HERNANDEZ (1993), han demostrado que el hinchamiento de la madera es afectado por el estado de sorción. Estos investigadores destacan que los cambios relativos en dimensiones asociado con un cambio en el contenido de humedad, deben considerarse relativamente lineales para la mayor parte del rango higroscópico.

PAN (1990), realizó curvas de sorción de humedad en especies nativas e introducidas que fueron asociadas con ensayos de hinchamiento y contracción a temperatura constante, determinando coeficientes de retractabilidad e hinchamiento diferencial que definen la estabilidad dimensional.

Aún cuando la madera se instale en obras con un contenido de humedad apropiado, pueden presentarse hinchamientos y/o contracciones motivadas por las oscilaciones de los cambios ambientales. Estos cambios dimensionales deben ser evaluados y considerados en el diseño constructivo previo a un análisis del ambiente en el cual prestarían servicio (CUEVAS 1988).

El destino adecuado de la madera se basa en su estabilidad dimensional frente a los cambios atmosféricos. La obtención de un producto con buena estabilidad dimensional implica disminución de deformaciones, aumento de calidad y como consecuencia aumento en el valor agregado de la madera (ROSENDE y CASTILLO 1973).

Algunas maderas como el Quebracho blanco presentan inestabilidad durante el secado y en servicio. Otras que se contraen apreciablemente al secar desde verde muestran una gran estabilidad en servicio (eucaliptos, coihue, ulmo, roble pellín), (ROSENDE y CASTILLO 1973).

El estudio de la humedad de equilibrio, coeficiente de retractabilidad e hinchamiento diferencial que resumen la respuesta de los materiales a los cambios atmosféricos son de decisiva importancia para la recomendación de uso adecuado de cada una de ellas, para diferentes condiciones ambientales.

En este marco, se estudió el comportamiento de la madera de nueve especies, en combinación con cinco condiciones climáticas de laboratorio para determinar la estabilidad dimensional en diferentes ambientes.

Los coeficientes de retractabilidad e hinchamiento diferencial pueden aplicarse en el rango del contenido de humedad entre 6% y 20%; puesto que en ese intervalo existe una relación lineal entre la variación dimensional y la humedad de la madera, (KEYLWERTH 1960).

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL

Se utilizaron muestras de maderas de nueve especies (nativas y cultivadas) provenientes de diferentes lugares del Parque Chaqueño.

Tabebuia ipe (Wart) Standl. “Lapacho negro”

Araucaria bidwilli Hook. “Pino bunya”

Pawlonia tomentosa (Thumb). Stued. “Kiri”

Eucalyptus camaldulensis Dehnh. “Eucalipto camaldulensis” o “rostrata”

Eucalyptus tereticornis Swith. “Eucalipto tereticornis”

Melia azedarach L. var. *gigantea*. “Paraíso gigante”

Casuarina cunninghamiana Miq. “Casuarina”

Pinus halepensis Mill. “Pino de halepo”

Populus deltoide clon I-64. “Alamo”

MÉTODO

Estabilidad dimensional

Selección de las muestras de madera

La recolección de las muestras se realizó al azar tomando seis árboles por especie, teniendo en cuenta que un número de muestras tomadas de diferentes árboles y sitios es más efectiva que un número equivalente de muestras obtenidas de menos árboles y menos sitios, (PEARSON y WILLIAMS 1955).

Preparación de las probetas de madera

Para la determinación del coeficiente de retractabilidad e hinchamiento diferencial, que valoran la “estabilidad dimensional”, se elaboraron probetas de 20 mm x 20 mm x 20 mm para las direcciones radial y tangencial y de 20 mm x 20 mm x 80 mm para la dirección longitudinal; de acuerdo a lo especificado por las Normas DIN 52184.

Las probetas se colocaron en cámara de climatización a una temperatura constante de 25 °C y se sometieron a cinco condiciones ambientales de humedades relativas decrecientes: 96 %, 85 %, 65 %, 50 % y 30 %; hasta alcanzar el equilibrio con cada una de ellas.

Antes de ingresar a un determinado clima, las probetas fueron pesadas al 0,01 gr y se realizó la medición de sus dimensiones al 0,01 mm en los tres sentidos anatómicos. Las mismas se mantuvieron en cada ambiente hasta peso constante, midiendo sus dimensiones antes de pasar a una nueva condición ambiental. Una vez completo el proceso de desorción, las muestras se llevaron a estado anhidro en estufa experimental.

El Coeficiente de Retractabilidad (q_r) es la contracción porcentual de la madera cuando el contenido de humedad de la misma varía en 1 %.

$$q_r = \frac{\Delta\beta}{\Delta u}$$

$\Delta\beta$ = (Diferencia de contracción)

Δu = (Diferencia de humedad)

El Hinchamiento Diferencial (q_h) es el hinchamiento porcentual de la madera cuando su contenido de humedad aumenta en un 1 %.

$$q_h = \frac{\Delta\alpha}{\Delta u}$$

$\Delta\alpha$ = (Diferencia de hinchamiento)

Δu = (Diferencia de humedad)

q_r y q_h se determinaron para cada condición ambiental con respecto al estado anhidro y entre los diferentes ambientes.

Diseño experimental

Se dispuso un arreglo factorial completamente aleatorizado con tres repeticiones; de 45 tratamientos, resultantes de la combinación de 9 especies y 5 condiciones climáticas.

El modelo matemático asumido para el análisis (VENCOVSKY 1992) es el siguiente:

$$Y_{ijq} = \mu + t_i + b_j + l_q + (t.l)_{iq} + e_{ijq}$$

Donde:

Y_{ijq} : Valor observado.

μ : Media general del ensayo.

t_i : Efecto de la especie.

l_q : Efecto de condiciones ambientales.

b_j : Efecto de repeticiones.

$(t.l)_{iq}$: Efecto de la interacción de especie x ambiente.

e_{ijq} : Error experimental.

Las variables consideradas en el experimento son:

Humedad de equilibrio (HE %)

Coeficiente de retractabilidad (QR)

Hinchamiento diferencial (H. dif.)

RESULTADOS

Los análisis permitieron las siguientes consideraciones:

Existe un comportamiento diferencial altamente significativo entre las especies para las tres variables consideradas en todas las condiciones ambientales analizadas. En la siguiente tabla se presentan los valores promedios máximos y mínimos de las variables estudiadas alcanzados por las especies en las cinco condiciones climáticas. El ordenamiento producido por la prueba de Duncan se muestra en la Tabla N° 1.

Existe un comportamiento diferenciado altamente significativo entre las cinco condiciones para las tres variables consideradas. El ordenamiento producido por la prueba de Duncan se muestra en la Tabla N° 2, donde se indica que el mayor coeficiente de retractabilidad se encuentra en el ambiente 85% para las especies paraíso y lapacho, mientras que el mínimo está en la condición climática 65% para el Kiri. Sin embargo ese comportamiento no se cumple totalmente para todas las especies analizadas. En general se puede inferir que todas las especies, excepto el kiri presentan el menor coeficiente de retractabilidad en el ambiente 30%. Con respecto al hinchamiento diferencial el lapacho arroja el valor más alto en el ambiente 85%, destacándose el álamo, araucaria y kiri por presentar valores bajos en ambiente 30%. Cabe aclarar que las nueve especies estudiadas dan valores bajos de hinchamiento diferencial en el ambiente 30%, con relación a las restantes condiciones climáticas. La variable humedad de equilibrio alcanza sus valores máximos y mínimos para las condiciones de 96% y 30% respectivamente. Las especies lapacho y kiri arrojaron en el ambiente 30% y 96% los mínimos valores mientras que pino y casuarina los máximos valores del punto de saturación de las fibras en el ambiente 96%.

La fuente de variación correspondiente a la interacción especie por condición climática, muestra diferencias altamente significativas, denotándose un comportamiento diferentes de las especies ante las distintas condiciones climáticas (Tabla N° 2).

Los tratamientos resultantes de la combinación especie por condición, muestran diferencias altamente significativas, colocándose los tratamientos 5 (96%) y 3 (30%) en los extremos superior e inferior para la humedad de equilibrio, los tratamientos 9 (85%) y 43 (65%) en los extremos superior e inferior para el coeficiente de retractabilidad y los 33 (65%) y 16 (30%) para el hinchamiento diferencial, en los extremos superior e inferior respectivamente (Tabla N° 2).

Tabla N° 1: Ordenamiento producido por la prueba de Duncan, tomando las especies como fuente de variación en las cinco condiciones climáticas.

Table N° 1: Distribution produced by the Duncan's test, taking the species as a source of variation in the five climatic conditions.

Especie	QR	H. Dif.	HE (%)
Lapacho	0,53	0,61	8,96
Camaldulensis	0,51	0,51	-----
Kiri	0,22	0,32	10,74
Araucaria	0,32	0,29	12,87
Pino	-----	-----	12,94

QR: Coeficiente de Retractabilidad, H. Dif.: Hinchamiento Diferencial, HE: Humedad de Equilibrio.

Tabla N° 2: Comportamiento de las especies en las diferentes condiciones climáticas estudiadas.

Table N° 2: Species behavior in the different studied climatic conditions.

Variable	Tratamiento	Condición	Especie	\bar{X}
QR	9	85 %	Paraíso-lapacho	0,63
	43	65 %	Kiri	0,17
H. Dif.	33	65 %	Lapacho	0,75
	16	30 %	Araucaria	0,22
HE	5	96 %	Casuarina	23,88
	35		Lapacho	15,85
	19	85 %	Araucaria	17,68
	34		Lapacho	12,59
	18	65 %	Araucaria	10,74
	35		Lapacho	7,35
	22	50 %	Pino	8,43
	32		Lapacho	5,85
	21	30 %	Pino	5,18
	31		Lapacho	3,18

QR: Coeficiente de Retractabilidad, H. Dif.: Hinchamiento Diferencial, HE: Humedad de Equilibrio.

Los resultados se determinaron en función de la condición de 65 % de humedad relativa, como condición de servicio, ya que ésta define la calidad de

la madera en uso (Temperatura de 25 °C y humedad relativa de 65 %).

Tabla N° 3: Comportamiento de las especies en la Condición Climática 65 %.

Table N° 3: Species behavior in the Climatic Condition 65%.

Variable	Tratamiento	Especie	\bar{X}
HE	18	Araucaria	10,74 %
	33	Lapacho	7,35 %
QR	33	Lapacho	0,54
	43	Kiri	0,17
H. Dif.	33	Lapacho	0,75
	43	Kiri	0,30

HE: Humedad de Equilibrio, QR: Coeficiente de Retractabilidad, H. Dif.: Hinchamiento diferencial.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados del estudio sobre el comportamiento de las nueve especies arrojaron las siguientes conclusiones:

El Lapacho fue el que presentó el menor Potencial Higroscópico en las cinco condiciones climáticas, mientras que, Pino, Araucaria y Casuarina, equilibraron a un mayor potencial de higroscopicidad: Pino al 50 %, 30 %, Araucaria a 65 % y 85 % y Casuarina a 96 %.

El Lapacho presentó los mayores coeficientes de retractabilidad e hinchamiento diferencial, mientras que Araucaria y Kiri los menores.

Los resultados obtenidos permitieron establecer un ordenamiento de estabilidad dimensional, donde se destaca el Kiri con el mejor desempeño en todos los ambientes probados.

De acuerdo a estas conclusiones se da las siguientes recomendaciones:

Las diferencias en el potencial higroscópico que presentan las maderas, están asociadas a la permeabilidad y a sus características anatómicas, lo cual influiría en los procesos de secado, no así en su estabilidad dimensional.

Los coeficientes de retractabilidad e hinchamiento diferencial que están relacionados con el comportamiento de las piezas de madera en una estructura sujeto a cambios ambientales, nos indican la estabilidad dimensional de estas especies.

En este trabajo se encontró que el Lapacho, Paraíso, Eucalyptus camaldulensis y Pino, son las especies de menor estabilidad dimensional, lo cual estaría de acuerdo con TINTO (1978) y CORONEL (1989); debiendo extremarse las medidas de seguridad al utilizarlas y fundamentalmente el Lapacho en ambientes de 85 % de humedad relativa.

Las de mayor estabilidad dimensional de acuerdo a estos coeficiente son: Kiri y Araucaria.

Relacionando estos coeficientes con el uso adecuado de estas maderas, se presentó la siguiente tabla en base a una clasificación dada por FROMENT (1954).

Tabla N° 4: Clasificación de las maderas de acuerdo a su uso, realizada por Froment, (1954).

Table N° 4: Classification of wood according to its use, done by Froment, (1954).

Ambiente	Especie	Uso
85 %	Lapacho y Paraíso (QR: 0,62)	Maderas muy nerviosas. Poco estable que en caso de carpintería corriente debe cortarse en sentido radial
	Araucaria (QR: 0,33) Kiri (QR: 0,27)	Madera poco nerviosa. Muy estable apropiada para carpintería fina.
65 %	Lapacho (QR: 0,54) Pino (QR: 0,54)	Madera nerviosa. Medianamente estable. Apta para carpintería corriente.
	Kiri (QR: 0,16) Álamo (QR: 0,34)	Maderas muy estables. Maderas blancas aptas para carpintería y ebanistería.
	Lapacho (QR: 0,49) E. camaldulensis (QR: 0,46)	Medianamente estable. Maderas aptas para carpintería de obra y revestimientos.
50 %	Kiri (QR: 0,20) Araucaria (QR: 0,26)	Maderas ídem 65 %

BIBLIOGRAFÍA

- BESOLD, G.; Pan de Leiva, E.; Elges, Ch. 1988. Optimización del proceso de secado en *Aspidosperma quebracho blanco* Schlecht "quebracho blanco", utilizando métodos convencionales y pre tratamiento de la madera. Control de calidad del proceso de secado artificial. ITM Serie de Publicaciones 8803, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- CORONEL, E. 1989. Estudio y determinación de las propiedades físico – mecánicas de las maderas del parque Chaqueño. Valores y variaciones de las propiedades. Primera parte. ITM Serie de

- publicaciones 8906, ITM Serie de Publicaciones 8803, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- CUEVAS, H. 1988. Un criterio de selección y consideraciones de uso de la madera en construcción. Bosque 9 (2): 71 – 76.
- FROMENT, G. 1954. Las maderas de construcción. Ed. Víctor Lerú, Buenos Aires, Argentina.
- HERNANDEZ, R. 1993. Influence of moisture sorption history on the swelling of sugar maple wood and some tropical hardwoods. Wood Science and Technology. 27:337-345. Springer Verlag.
- KEYLWERTH, R. 1960. Über notwendige Voraussetzungen für Holzzentralblatt N° 151. Köln.
- MORENO, G.; Medina, J. 1991. Estabilización dimensional de madera de *Quebracho blanco* por impregnación con tanino. ITM Serie de publicaciones 8906, ITM Serie de Publicaciones 9102, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Normas DIN 52184. Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin.
- PAN, E.; Coronel, E. 1990. Determinación de sorción en maderas nativas y cultivadas del Parque Chaqueño. Determinación de hinchamiento y contracción. CONICET – Universidad Nacional de Santiago del Estero; ITM – Serie de Publicaciones 9005 – Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- PEARSON, R. and Williams, J. 1955. A review of Methods for Sampling of Timber. Forest Products Journal Vol. 8 – N°. 9. Australia.
- ROSENDE, R; Castillo, H. 1973. Contracción, colapso y juego de maderas chilenas. Boletín Informativo N ° 27. Instituto Forestal, Chile. Pp. 39.
- TINTO, J. 1978. Aportes del sector forestal a la construcción de viviendas. Folleto Técnico Forestal N ° 44. Segunda edición. Argentina. 142 p.
- VENCOVSKY, R. E. y Barriga, P. 1992. Genética biométrica no fitomelhoramento. R. Preto.