

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE CINCO ESPECIES MADERABLES DEL MACIZO MONTAÑOSO SAGUA-NIPE-BARACOA

ING. ALBERTO IBÁÑEZ DRAKE, DR. PEDRO PABLO HENRY TORRIENTE
Y TÈC. MARÍA VICTORIA GARCÍA MANTILLA

Instituto de Investigaciones Forestales. Calle 174 no. 1723
e/ 17B y 17C, reparto Siboney, Playa, La Habana

RESUMEN

Este estudio muestra las características físico-mecánicas de cinco especies del macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa: Guaiacum officinalis L. (guayacán), Gliricidia sepium (Jac.) (piñón florido), Phyllostylon brasiliensis Capanema (jatía), Hebestigma cubensis (H. B. K.) Urb. (frijolillo) y Lysiloma sabicu (sabicú). Los resultados de este estudio arrojan que las densidades estuvieron por encima de 800 g/cm³, resaltando la especie Guaiacum officinalis, que tuvo el valor más alto de 1200 g/cm³. En lo referente a las contracciones, la relación tangencial radial se comportó entre 1,2 y 2,2, y el valor más bajo la presentó la especie Lysiloma sabicu (sabicú), y el más alto para el Gliricidia sepium (Jac.).

En cuanto a las propiedades mecánicas, los mejores valores recayeron en la especie Guaiacum officinalis, que coincidieron con el mayor valor de la densidad seca al aire, lo que reafirma la alta relación entre estas dos propiedades. Esta especie tiene como tradición su uso en chumaceras, propelas de barcos y objetos torneados. Los usos generales recomendados para todas las especies son carpintería en general, muebles, marcos de puertas y ventanas y construcciones exteriores.

Palabras claves: madera, propiedades físicas, propiedades mecánicas

ABSTRACT

This study shows the physical-mechanical characteristics of five species of the mountainous macizo Sagua Nipe-Baracoa: Guaiacum officinalis L. (Guaiaac), Gliricidia sepium (Jac.) (Florid pinenut), Phyllostylon brasiliensis Capanema (Jatía), Hebestigma cubensis (H. B. K.) Urb. (Frijolillo) and Lysiloma sabicu (Sabicú)

The results of this study Shows that the densities were above 800 g/cm³, the species Guaiacum officinalis had the highest value with 1200 g/cm³. Regarding the contractions, the radial tangential relationship behaved between 1,2 and 2,2 , presenting the lowest value the species Lysiloma sabicu (sabicú) and the but high for the Gliricidia sepium (Jac.).

As for the mechanical properties the best values were to Guaiacum officinalis specie, coinciding with the biggest value from the dry density to the air, that reaffirms the high relationship among these two properties. This specie has as tradition its use in piece of ships and lathed object. The general uses recommended for all the species are carpentry, furniture, marks of doors and windows, external constructions.

Key words: wood, physical property, mecanical property

INTRODUCCIÓN

Con los años la madera se ha venido utilizando, sin tener ningún criterio técnico, para muchos usos. Su gasto era excesivo, y en otros, como en las construcciones, los elementos tenían dimensiones superiores a las necesarias. El desarrollo actual ha evidenciado que para poder dar respuestas a las nuevas y crecientes exigencias del mundo de la madera es necesario auxiliarse de estudios profundos que permitan darle uso adecuado de acuerdo con las condiciones donde va a estar expuesta.

El estudio de las propiedades físico-mecánicas y tecnológicas de la madera es indispensable para darle un uso racional. Ibáñez y col. (2002) han resumido más de cincuenta especies que muestran una gran demanda a nivel nacional, y otras que, aunque son conocidas, no son lo suficientemente utilizadas. En este trabajo se propone como objetivo determinar las propiedades físico-mecánicas de cinco especies maderables que crecen en el macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa, teniendo en cuenta el carácter local. Esto permitirá darles un uso adecuado a partir de la información que brinda este ecosistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

La madera para los ensayos físico-mecánicos proviene de los árboles del bosque natural del macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa que abarcan las provincias de Holguín y Guantánamo. Para la toma se hizo un muestreo al azar, y se seleccionaron cinco. Tenían alturas entre 8 y 12 m,

y las trozas obtenidas los diámetros oscilaban entre 12 y 20 cm. Con el material disponible se elaboraron probetas de acuerdo con cada una de las normas utilizadas para los diferentes ensayos. Se estudiaron las especies *Guaiacum officinalis* L. (guayacán), *Gliricidia sepium* (Jac.) (piñón florido), *Phyllostylon brasiliensis* Capanema (jatía), *Hebestigma cubensis* (H. B. K.) Urb. (frijolillo) y *Lysiloma sabicu* (sabicú). Conjuntamente con la muestra de madera se envió el material botánico, que fue debidamente identificado en el Instituto de Ecología y Sistemática. Los nombres científicos de las especies citadas fueron tomados de Bisse (1988). La muestra se tomó al azar, y se utilizaron cinco árboles para la elaboración de las probetas de cada una de las especies.

Para la determinación de la densidad se utilizaron probetas de 3 x 3 x 10 cm en correspondencia con la norma NC-43-37-87 «Determinación de la densidad. Método de ensayo». Fueron utilizadas un total de 10 para cada especie. Los valores responden a la densidad verde, normal, seca al horno y básica. Las mediciones se hicieron con un pie de rey con precisión milimétrica, y los valores de pesos se determinaron con una balanza digital Sartorius Multiplato de 0,1 g de precisión. El volumen se determinó por el método estereométrico. Estas probetas sirvieron también para la determinación de la contracción volumétrica total, según lo establecido por la norma DIN-52-184. En la determinación de las contracciones transversales, tangenciales y radiales, se utilizaron 10 probetas por

especies con dimensiones de 30 x 30 x 15 mm.

Las pruebas mecánicas se hicieron en la prensa universal Avery de 40 t. En caso de la flexión estática se utilizó una prensa de 1 t, y para la dinámica (tenacidad) se empleó un péndulo de 100 joule.

Para el ensayo de dureza se utilizó la metodología establecida por la norma NC-43-31-87 «Determinación de la dureza estática. Janka. Método de ensayo». Se emplearon 42 probetas para las cinco especies, siete de guayacán, ocho de piñón florido, once de jatía, cinco de frijolillo y ocho de sabicú.

Los ensayos para la compresión paralela a las fibras se hicieron según la norma ISO 3787 con probetas de 20 x 20 de sección transversal y 50 mm de longitud. En el ensayo de compresión perpendicular a las fibras, se empleó la norma ISO 3132, cuyas dimensiones en sección transversal y longitud coinciden con las de paralela. En el primer caso se determinó la resistencia a rotura con 59 probetas, 20 de guayacán, 12 de piñón florido, 5 de jatía, 10 de frijolillo y 12 de sabicú, y en el segundo se determinó la resistencia al límite proporcional en compresión perpendicular a las fibras con 20 probetas de guayacán, 14 de piñón florido, 10 de jatía, 10 de frijolillo y 12 de sabicú.

Para la flexión estática se utilizó la norma ISO 3133, donde se ensayaron probetas de 2 x 2 cm de sección transversal y 30 cm de largo, de ellas 10 de guayacán, 12 de piñón florido, 5 de jatía, 7 de frijolillo y 11 de sabicú.

Para la flexión dinámica o tenacidad se siguieron los requisitos definidos por la norma NFB 51-009. Para la tenacidad se ensayaron 10 probetas de guayacán, 8 de piñón florido, 5 de jatía, 6 de frijolillo y 12 de sabicú. Los resultados se obtuvieron con material acondicionado a un contenido de humedad aproximadamente del 12%; se ajustaron los resultados de las cargas mecánicas mediante los coeficientes utilizados al efecto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los ensayos realizados a las cinco especies maderables se presentan en las *Tablas 1, 2, 3, 4 y 5*. En todos los casos las densidades estuvieron por encima de 800 g/cm³, y resaltó la especie *Guaiacum officinalis*, que tuvo el valor más alto. Este resultado está a tono con lo obtenido por Fors (1965) para la misma especie. En correspondencia con esta densidad el valor de la dureza se comportó también alto. En lo que se refiere a las contracciones, la relación tangencial radial se comportó entre 1,2 y 2,2. El valor mayor fue para el *Gliricidia sepium* (Jac.). Atendiendo a esto se recomienda un secado cuidadoso, aserrándola preferiblemente en verde.

En cuanto a las propiedades mecánicas, los mayores valores recayeron en la especie *Guaiacum officinalis*, coincidiendo con el mayor valor de la densidad seca al aire, lo que reafirma la alta relación entre estas dos propiedades. Esta especie tiene como tradición su uso en chumaceras, propelas de barcos y objeto torneados.

Los usos generales recomendados son carpintería en general: muebles, marcos de puertas y ventanas. Su

densidad y contracción media las hacen útiles para las construcciones exteriores

***Guaiacum officinalis* L. (guayacán)**

TABLA 1

Propiedades físico-mecánicas de *Guaiacum officinalis* L. (guayacán)

<i>Propiedades físicas</i>				
<i>Ensayos</i>	<i>Humedad (%)</i>	<i>Expresión</i>	<i>Valor medio</i>	<i>Clasificación</i>
Densidad verde	40%	g/cm ³	1,249	Muy pesada
Densidad seca al aire	12%	g/cm ³	1,200	Muy pesada
Densidad seca al horno	0%	g/cm ³	1,109	Muy pesada
Densidad básica		g/cm ³	1,020	Muy pesada
Contracción volumétrica total	–	%	8,7	Contracción pequeña
Contracción radial	–	%	5,6	Pequeña
Contracción tangencial	–	%	3,7	Pequeña
Relación tangencial/radial	–		1,51	Normal
Coefficiente de contracción volumétrica total	–	%	0,72	Nerviosa
Higroscopicidad	–	g/cm ³	0,0033	Normal
Punto de saturación de las fibras	–	%	14,3	Bajo
<i>Propiedades mecánicas</i>				
Compresión paralela a la fibra	12%	kgf/cm ²	815	Alta
Compresión perpendicular a la fibra	12%	kgf/cm ²	358	Baja
Flexión estática	12%	kgf/cm ²	1283	Mediana
Flexión dinámica	12%	kgfm/cm ²	0,255	Poco resistente
Dureza	12%			
Radial	12%	kg	1195,0	Muy alta
Tangencial	12%	kg	1325,0	Muy alta

Características físicas. Es una madera muy pesada, tiene una densidad normal de 1200 g/cm³, algo inferior a lo planteado por Fors (1965), quien obtuvo 1300 g/cm³; tiene una relación peso anhidro volumen verde de 1020 g/cm³, algo inferior a lo obtenido por Sotomayor (2004) para la misma especie con 1230 g/cm³. La contracción volumétrica total es de 8,7; la radial total es de 3,7; y la tangencial total de 5,6. Su relación tangencial/radial tiene un valor de 1,51, clasificándose como favorable, con una higroscopicidad normal. El

coeficiente de contracción volumétrica la clasifica como una madera nerviosa.

Características mecánicas. Fors (1965) califica la madera de esta especie como muy durable e inmune a los insectos; sin embargo, según experiencias de los autores, esta especie ha sido atacada por insectos. Sus características mecánicas en general se comportan de manera mediana. Su compresión paralela a la fibra con un valor de 815 kgf/cm² es considerada como alta; pero su compre-

sión perpendicular, flexión dinámica y estática son catalogadas como pequeñas. Según los resultados en los ensayos de dureza Janka, se considera muy alta, con valores en cara tangencial y radial superiores a los 1000 kg, muy inferiores a los obtenidos por Sotomayor (2004), en que

los resultados llegaron a 1865 kg (Tabla 1).

Los resultados de las propiedades de esta especie reafirman sus usos en la fabricación de chumaceras para las propelas de los barcos, y también para objetos torneados, coincidente con lo planteado por Fors (1965).

***Gliricidia sepium* (Jac.) (piñón florido)**

TABLA 2

Propiedades físico-mecánicas de *Gliricidia sepium* Jac. (piñón florido)

<i>Propiedades físicas</i>				
<i>Ensayos</i>	<i>Humedad (%)</i>	<i>Expresión</i>	<i>Valor medio</i>	<i>Clasificación</i>
Densidad verde	60%	g/cm ³	0,923	Pesada
Densidad seca al aire	12%	g/cm ³	0,876	Pesada
Densidad seca al horno	0%	g/cm ³	0,829	Pesada
Densidad básica		g/cm ³	0,746	Pesada
Contracción volumétrica total	–	%	8	Pequeña
Contracción radial	–	%	2,5	Baja
Contracción tangencial	–	%	5,5	Normal
Relación tangencial/radial	–		2,2	Desfavorable
Coefficiente de contracción volumétrica total	–	%	0,31	Poco nerviosa
Higroscopicidad	–	g/cm ³	0,0057	Fuerte
Punto de saturación de las fibras	–	%	25	Normal
<i>Propiedades mecánicas</i>				
Compresión paralela a la fibra	12%	kgf/cm ²	720	Alta
Compresión perpendicular a la fibra	12%	kgf/cm ²	271	Baja
Flexión estática	12%	kgf/cm ²	1328	Mediana
Flexión dinámica	12%	kgfm/cm ²	0,69	Medianamente resistente
Dureza Janka				
Tangencial	12%	kg	849	Muy alta
Radial	12%	kg	871	Muy alta

Características físicas. Los resultados la clasifican como una madera pesada, con densidad normal de 0,829 g/cm³, inferior a lo reportado para la especie por Fors (1965), de 1120 g/cm³; la densidad básica de la especie es de 0,746 g/cm³. El valor de la contracción volumétrica total, tangencial y radial

son pequeños, pero su relación tangencial radial es de 2,2 y la higroscopicidad es alta, lo que hace una madera con tendencia a la deformación cuando se seca, por lo que se recomienda despiece radial y secarse con cuidado. El punto de saturación de las fibras se comporta de forma normal.

Características mecánicas. Se califica como una madera de dureza alta donde se obtienen valores superiores a los 850 kg. La compresión paralela a la fibra tiene un valor de 720 kgf/cm², calificándose de alta, y la perpendicular como baja con 271 kgf/cm². La flexión estática con un valor de 1328 kgf/cm², y la flexión dinámica con un valor de 0,69 se clasifican como mediana y medianamente resistente respectivamente (Tabla 2).

Donde exista la especie con fustes aserrables la madera puede emplear-

se en carpintería en general, prefiriendo los interiores para evitar los cambios dimensionales debido a la relación tangencial radial desfavorable y la higroscopicidad fuerte. Fors (1965) apunta que puede ser utilizado en traviesas, postes y crucetas.

Tradicionalmente esta es una especie que se utiliza como cercas vivas y como sombra para el café, donde comúnmente no logra diámetros aserrables. En estudios realizados por García y col. (2006) constatan su poca durabilidad ante la acción de los insectos.

***Phyllostylon brasiliensis* Capanema (jatía)**

TABLA 3

Propiedades físico-mecánicas de *Phyllostylon brasiliensis* Capanema (jatía)

<i>Propiedades físicas</i>				
<i>Ensayos</i>	<i>Humedad (%)</i>	<i>Expresión</i>	<i>Valor medio</i>	<i>Clasificación</i>
Densidad verde	45 %	g/cm ³	1,063	Muy pesada
Densidad seca al aire	12%	g/cm ³	0,910	Pesada
Densidad seca al horno	0%	g/cm ³	0,781	Pesada
Densidad básica		g/cm ³	0,763	Pesada
Contracción volumétrica total	–	%	11,8	Media
Contracción radial	–	%	3,9	Pequeña
Contracción tangencial	–	%	7,3	Media
Relación tangencial/radial	–		1,87	Normal
Coefficiente de contracción volumétrica total	–	%	0,64	Nerviosa
Higroscopicidad	–	g/cm ³	0,0032	Normal
Punto de saturación de las fibras	–	%	18,4	Bajo
<i>Propiedades mecánicas</i>				
Compresión paralela a la fibra	12%	kgf/cm ²	630	Mediana
Compresión perpendicular a la fibra	12%	kgf/cm ²	316	Baja
Flexión estática	12%	kgf/cm ²	1284	Mediana
Flexión dinámica	12%	kgfm/cm ²	0,7	Medianamente resistente
Dureza Janka	12%			
Tangencial	12%	kg	1070	Muy alta
Radial	12%	kg	1049	Muy alta

Características físicas. La madera de esta especie tiene una densidad normal de 0,910 g/cm³, y se clasifica

como una madera pesada. Este valor es algo inferior al reportado por Fors (1965), que obtuvo 0,950 g/cm³. El

resultado de la contracción volumétrica total es de 11,8, con clasificación como de contracción media. La tangencial fue de 7,3, y la radial de 3,9, siendo mediana y baja respectivamente. La relación tangencial radial es de 1,87, y se considera como normal, aunque con el valor del coeficiente de contracción volumétrica de 0,64 debe tenerse cuidado cuando se seca. El punto de saturación de las fibras se clasifica como bajo, y la higroscopicidad normal.

Características mecánicas. Los estudios de Fors (1965) señalan que es una madera pesada, resistente y du-

table. La dureza radial como tangencial supera los 1000 kg. La compresión paralela y perpendicular tiene valores de 630 kgf/cm² y 316 kgf/cm², con clasificación como mediana y baja respectivamente. La flexión estática es mediana con 1284 kgf/cm², y la dinámica se considera medianamente resistente (Tabla 3).

De acuerdo con el resultado, esta especie puede ser utilizada en la carpintería en general, principalmente en la elaboración de marcos de puertas y ventanas. Fors (1965) la recomienda para reglas y llaves de pianos, lanzaderas y útiles de telares.

***Hebestigma cubensis* (H. B. K.) Urb. (frijolillo)**

TABLA 4

Propiedades físico-mecánicas de *Hebestigma cubensis* (H. B. K. Urb. (frijolillo)

<i>Propiedades físicas</i>				
<i>Ensayos</i>	<i>Humedad (%)</i>	<i>Expresión</i>	<i>Valor medio</i>	<i>Clasificación</i>
Densidad verde	45,3	g/cm ³	0,986	Pesada
Densidad seca al aire	12%	g/cm ³	0,900	Pesada
Densidad seca al horno	0%	g/cm ³	0,852	Pesada
Densidad básica		g/cm ³	0,788	Pesada
Contracción volumétrica total	–	%	9,8	Pequeña
Contracción radial	–	%	3,9	Normal
Contracción tangencial	–	%	5,9	Normal
Relación tangencial/radial	–	%	1,51	Favorable
Coeficiente de contracción volumétrica total	–	%	0,427	Medianamente nerviosa
Higroscopicidad	–	g/cm ³	0,0051	Fuerte
Punto de saturación de las fibras	–	%	23	Bajo
<i>Propiedades mecánicas</i>				
Compresión paralela a la fibra	12%	kgf/cm ²	602	Mediana
Compresión perpendicular a la fibra	12%	kgf/cm ²	283	Baja
Flexión estática	12%	kgf/cm ²	1061	Pequeña
Flexión dinámica	12%	kgfm/cm ²	1,07	Muy resistente
Cizalla	12%	kgfm/cm ²	111	Medianamente fuerte
Dureza Janka	12%			
Radial	12%	Janka	1186	Muy alta
Tangencial	12%	Janka	1236	Muy alta

Características físicas. Se considera una madera pesada, con una densidad normal de 0,900 g/cm³, algo inferior a lo obtenido por Fors (1965) de 1120 g/cm³. Tiene una relación peso anhidro al volumen verde de 0,788 g/cm³. El valor de las contracciones totales y transversales son pequeñas. Muestra además una relación tangencial radial de 1,51, que se clasifica como favorable. Se registra como medianamente nerviosa, y su higroscopicidad es fuerte. Esta especie se puede secar antes de aserrarse.

Características mecánicas. Fors (1965) señala que es una madera dura, pe-

sada y resistente. El valor de la compresión paralela a las fibras es mediano, y bajo la perpendicular. El valor de la flexión estática es bajo y la dinámica es muy resistente. La dureza es alta tanto en sentido radial como tangencial.

Los resultados de las propiedades físico-mecánicas denotan que puede ser utilizado en construcciones en general, muebles, marcos de puertas y ventanas. Su poca contracción generalmente la hace útil para la construcción en exteriores. Las especies pueden ser utilizadas en postes, traviesas, horcones y objetos torneados.

Lysiloma sabicu L. (sabicú)

TABLA 5
Propiedades físico-mecánicas del *Lysiloma sabicu L. (sabicú)*

<i>Propiedades físicas</i>				
<i>Ensayos</i>	<i>Humedad (%)</i>	<i>Expresión</i>	<i>Valor medio</i>	<i>Clasificación</i>
Densidad verde	38%	g/cm ³	1,001	Muy pesada
Densidad seca al aire	12%	g/cm ³	0,873	Pesada
Densidad seca al horno	0%	g/cm ³	0,787	Pesada
Densidad básica		g/cm ³	0,725	Semipesada
Contracción volumétrica total	—	%	8,7	Pequeña
Contracción radial	—	%	5,0	Alta
Contracción tangencial	—	%	8	Normal
Relación tangencial/radial	—		1,2	Normal
Coefficiente de contracción volumétrica total	—	%	0,40	Medianamente nerviosa
Higroscopicidad	—	g/cm ³	0,0050	Fuerte
Punto de saturación de las fibras	—	%	22,6	Bajo
<i>Propiedades mecánicas</i>				
Compresión paralela a la fibra	12%	kgf/cm ²	498	Alta
Compresión perpendicular a la fibra	12%	kgf/cm ²	311,0	Baja
Flexión estática	12%	kgf/cm ²	1166	Mediana
Flexión dinámica	12%	kgfm/cm ²	0,935	Medianamente resistente
Dureza Janka	12%	kg		
Radial	12%	kg	1051	Muy alta
Tangencial	12%	kg	1051	Muy alta

Características físicas. La madera del sabicú tiene una densidad normal de $0,873 \text{ g/cm}^3$, por lo que se considera una madera pesada. Este resultado es algo superior a lo estudiado por Fors (1965), quien obtuvo $0,800 \text{ g/cm}^3$. El valor de las contracciones en general son pequeñas. La volumétrica total alcanzó 8,7; la tangencial 4,8 y la radial 3,9. La relación tangencial/radial es de 1,2, siendo muy favorable, lo que indica una tendencia baja a la deformación por atestado durante el secado. Esta relación es una de las más bajas de especies cubanas conocidas. El coeficiente de contracción volumétrica es medianamente nervioso y la higroscopicidad es fuerte.

Características mecánicas. Fors (1965) señala que el sabicú es una de las maderas de mayor importancia comercial, dura, resistente, pesada y durable, pero su albura es susceptible de ser atacada por insectos del género *Lyctus*. Los resultados mecánicos reflejan una compresión paralela a las fibras alta, y la perpendicular es baja. La flexión dinámica se clasifica como medianamente resistente, y la estática es mediana. La dureza de esta madera, tanto radial como tangencial, la clasifican como muy altas.

Considerando los resultados de las propiedades de la especie, se concluye que puede ser utilizada ampliamente en la carpintería en blanco –marcos de puertas, ventanas– por la alta estabilidad de la madera, además en la construcción de gavetas. Por el valor de las contracciones se recomienda en exteriores, ya que exhibe buena estabilidad dimensional e igualmente para muebles, sillones, mesas,

butacas, taburetes. Es una madera muy apta para muebles muy finos y ebanistería de calidad.

CONCLUSIONES

- Las propiedades físicas reflejan que de forma general las maderas de este macizo tienen una densidad media y una relación tangencial radial normal, que infiere pocas deformaciones durante el secado.
- Los usos generales recomendados para estas especies son: carpintería en general, muebles, marcos de puertas y ventanas. Su densidad y contracción media las hacen útil para las construcciones exteriores
- Seguir realizando estudios con las especies de los diferentes macizos montañosos.

BIBLIOGRAFÍA

- FORS, J.: *Maderas cubanas*, Ed. INRA, La Habana, 1965.
- GARCÍA, J. M.; PEDRO P. HENRY; MARÍA V. MANTILLA: «Pérdida de humedad de la madera de cinco especies de importancia económica del macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa», IV Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Naturales, SINFOR, 2006.
- IBÁÑEZ, A.: «Propiedades y usos de 50 especies maderables que crecen en Cuba», 2002.
- NC 43-27:87 «Propiedades físico-mecánicas».
- Normas ISO 1975, Draft International Standard, ISO 3133, ISO 3137.
- «Paint, Naval Store, Cellulose, Wax, Polish, Wood, Acoustical Materials», *American Society for Testing and Materials*, Sandwich and Building Construccction, Filadelfia, EE.UU., 1955.
- SOTOMAYOR, J. R.: *Tabla FITECMA de clasificación de características mecánicas de maderas mexicanas*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2002.
- UNE 56-540-78: «Características físico-mecánicas de la madera: interpretación de los resultados de los ensayos», 1978.