

RIESGO DE CAMBIO DIMENSIONAL Y VALORES DE HUMEDAD RECOMENDADOS PARA LA MADERA UTILIZADA EN LA CONSTRUCCIÓN EN CUBA

DIMENSIONAL CHANGE RISK AND HUMIDITY VALUES RECOMMENDED TO THE TIMBER USED IN CONSTRUCTION IN CUBA

DR. PEDRO P. HENRY-TORRIENTE, DR. JUAN M. GARCÍA-DELGADO, DR. CARLOS JUAN SOSA-SUÁREZ
E ING. ALBERTO IBÁÑEZ-DRAKE

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

RESUMEN

El trabajo que se presenta aborda los riesgos de variaciones en la estabilidad dimensional de las principales especies maderables que crecen en Cuba destinadas a la construcción. A partir del estudio de las propiedades físicas, específicamente la anisotropía, se determina el riesgo de atejado. Dentro de las especies estudiadas resaltan las especies de pinos. Se ofrecen los resultados de otras especies forestales latifolias con menor abundancia pero de gran importancia para la construcción, así como la de algunas especies blandas de poca tradición en estas aplicaciones.

Palabras claves: *madera de construcción, humedad, cambio estructural*

ABSTRACT

The work that is presented studies the risks of variations in the dimensional stability of the main Wood species that grow in Cuba dedicated to the construction. From the study of the physical property, specifically the anisotropic, the bend risk is determined. In this studied the species of Pines. The results of hardwood forest species with smaller abundance but of great importance for the construction, as well as that of some softwood species of little tradition in these applications.

Key words: *structural timber, humidity, structural change*

INTRODUCCIÓN

Para la madera puesta en servicio, ya sea en estructuras, muebles o en otros usos, la estabilidad dimensional es un factor importante a tener en cuenta. Por ser un material higroscópico, toma y pierde humedad en dependencia del medioambiente en que se encuentre. Las variaciones en su contenido de humedad por debajo del punto de saturación de las fibras (PSF) se asocian al surgimiento de los cambios dimensionales que originan las deformaciones, tales como alabeos, atejados, abarquillados, etc. Vignote (1996) señala que los cambios climáticos del aire se suceden continuamente, del día a la noche

según las estaciones, y esto hace que la humedad de la madera también cambie continuamente, si bien en valores muy pequeños.

Por esta razón es de suma importancia conocer el porcentaje de humedad de la madera, su anisotropía, así como las condiciones ambientales medias a la que va estar expuesta. Esto permitiría minimizar los defectos en el momento de la utilización. Álvarez y Fernández (1998) señalan que el exacto conocimiento del grado de humedad de la madera, y la determinación para las condiciones higrométricas a la que va a estar expuesta,

son dos factores fundamentales para lograr un grado aceptable de estabilidad dimensional y evitar prácticamente el movimiento y deformaciones en la madera. Estos autores definen como madera para uso exterior a aquella situada en locales abiertos, pero protegidos de la lluvia, y para uso interior a la situada en locales cerrados con calefacción o aire acondicionado.

Sosa y col. (1998) determinaron para las condiciones de Cuba que la humedad de equilibrio higroscópico (HEH) fluctúa entre el 19,7 y el 14,8% en septiembre y abril, respectivamente, siendo la media del 17,1%. Igualmente sugieren que no se debe secar la madera artificialmente a valores inferiores al 14,8%, a excepción de instalaciones o proceso de elaboración de muebles, en que por necesidades se requieren contenidos de humedades en la madera por debajo de la HEH.

Este trabajo tiene como objetivo estudiar y clasificar el riesgo de deformación de la madera de diferentes especies empleadas en la construcción, así como determinar las humedades recomendadas y riesgos de cambio dimensional en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Instituto de Investigaciones Forestales. Para su realización sirvieron de base los registros de datos de ensayos para las especies estudiadas, además de las investigaciones en forma de libros publicadas por Ibáñez y col. (1978 y 2003) con los títulos *Compendio de 56 especies maderables, cubanas, africanas y de otras regiones tropicales* y *Propiedades y usos de 50 especies maderables que crecen en Cuba*. De estos documentos se obtuvieron los valores de las contracciones tangenciales, radiales, relación tangencial y radial, densidad y punto de saturación de las fibras. La anisotropía absoluta se calculó de la diferencia de las dos contracciones.

Cálculo del coeficiente de anisotropía

$$A_R = \frac{C_{TT}}{C_{TR}}$$

Cálculo de la anisotropía absoluta

$$A_D = C_{TT} - C_{TR}$$

donde:

A_R : Coeficiente de anisotropía

A_D : Anisotropía absoluta

C_{TT} : Contracción total tangencial

C_{TR} : Contracción total radial

Con los valores de la relación tangencial, radial y la anisotropía absoluta se determinó el tipo de riesgo de deformación, utilizando la clasificación hecha por Álvarez y Fernández (1998).

Para el cálculo de los valores recomendados de humedad de la madera en la construcción se tomaron los resultados de las temperaturas y humedad relativa máxima y mínima, y la HEH en Cuba reportados por Sosa y col. (2001). En él se brinda por provincias y estaciones meteorológicas la humedad relativa, temperatura y la humedad de equilibrio higroscópico mínima y máxima por meses. Se calcularon los parámetros de humedad de la madera para uso exterior, interior, y los riesgos máximos en ambos casos, para lo cual se utilizó el método descrito por Álvarez y Fernández (2001).

La humedad de uso exterior se calcula a partir de promediar los valores máximos y mínimos de humedades de equilibrio higroscópico anual. Este valor coincide con el valor medio de la HEH en cada zona. La humedad recomendada para uso interior se estima como la media aritmética entre la humedad recomendada para uso exterior (HRE media) y la humedad de equilibrio higroscópico mínima anual.

El riesgo de cambio dimensional de la madera para uso exterior se define como la diferencia absoluta entre la humedad máxima anual y la recomendada para uso exterior. Para el caso de las maderas en uso interior, el cálculo se realiza a partir de la diferencia en valor absoluto, entre la humedad recomendada para uso interior y la humedad recomendada para uso exterior o media anual. El riesgo máximo es la diferencia entre la humedad máxima anual y la recomendada para uso interior.

En el trabajo se obtuvieron modelos estadísticos matemáticos para predecir las hume-

dades recomendadas exterior e interior, y el riesgo máximo de cambio dimensional. Se utilizó el estadístico Statgraphics Plus 5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del trabajo muestran las propiedades físicas de las especies recomendadas para la construcción y su riesgo de deformación. Los valores de las coníferas cubanas en todos los casos presentan un coeficiente de anisotropía que no supera el 1,6 y una anisotropía absoluta de 2,31, exhibiendo una relación favorable y por consiguiente bajo riesgo de grietas y rajaduras asociadas al cambio de humedad (*Tabla 1*). Estos valores son inferiores a los de algunas coníferas españolas que, según Álvarez y col. (1998), superan estas cifras. Para *Pinus caribaea* Morelet ssp. *caribaea* de pequeñas dimensiones, la relación tangencial:radial y la anisotropía absoluta llegaron a ser de 1,6 y 2,46, respectivamente, presentando mayor riesgo de deformación, lo que es lógico al estar conformada su madera con mayor presencia juvenil. La madera del género *Pinus* en sentido general es recomendada por Ibáñez *et al.* (2003) para uso en interiores y exteriores, de ahí la importancia del conocimiento de su anisotropía.

En la *Tabla 2* se analiza un grupo de especies frondosas que tienen varios usos definidos, pero que también son empleadas en la actividad constructiva del país. Estas se caracterizan por presentar riesgos medios, por lo que se considera su utilización para ambientes exteriores e interiores. De estas especies resultaron tener un alto riesgo de deformación, y por consiguiente utilización limitada y cuidadoso manejo, búcare, ayúa, mangle rojo y guaguasí.

En la *Tabla 3* se ofrece otro conjunto de especies que se pueden catalogar de menos utilizadas en la construcción, principalmente

para los encofrados. García *et al.* (2008) determinaron que, por presentar las especies blandas menores valores de resistencia a flexión, se debería reducir el espacio entre todos los elementos componentes del encofrado, incluido los puntales. De las especies señaladas, *Bursera simaruba* (L.) Sargent (almácigo), *Sterculia apetala* (Jacq.) Karst (anacahuita) y *Erythrina poeppigiana* (Walp) O.F. Cook (tengue), presentan riesgos de deformación altos. Esto implica un manejo adecuado de ellas utilizando un almacenamiento correcto, después de utilizarla almacenarla bajo techo o utilizar variantes de cambios de especies. Se recomienda además emplearla en medios donde la variación de la humedad de equilibrio sea poca, y por tanto el riesgo de presentar grietas y rajaduras.

En la *Tabla 4* se presenta para todas las provincias las humedades recomendadas para uso exterior e interior. El resultado para la primera es del 17,1%, coincidente con la humedad de equilibrio higroscópica media calculada por Sosa *et al.* (1992) a partir de las HEH máximas y mínimas. La humedad recomendada interior resultó ser como promedio del 16,35%, y el de riesgo máximo de cambio dimensional de 2,64 (*Fig. 1*). Según la clasificación establecida por Álvarez y Fernández (1998), el riesgo en el país se comporta como bajo (*Tabla 5*), con valores inferiores a cuatro. Las provincias que tuvieron los mayores riesgos fueron Matanzas, La Habana, Villa Clara y Sancti Spíritus. Estos son muy inferiores a los reportados por los autores anteriores en condiciones climáticas diferentes, quienes reportaron para capitales de España riesgos medianos y altos.

Las ecuaciones de regresión que se obtuvieron para predecir las humedades recomendadas exterior e interior, y el riesgo máximo de cambio dimensional, se presentan a continuación:

Ecuación para el cálculo de la humedad recomendada exterior (HRE)

$$HRE = -6,67 - 0,0096 \times T_m - 0,005 \times T_n + 0,183 \times HR_m + 0,146 \times HR_n$$

$$R^2 = 93,84 \quad R^2A = 92,96 \quad E \text{ estándar} = 0,229 \quad P = 0,000 \quad F = 242$$

Ecuación para el cálculo de la humedad recomendada interior (HRI)

$$\text{HRI} = -4,06 - 0,109 \times \text{Tm} + 0,005 \times \text{Tn} + 0,007 \times \text{HRm} + 0,227 \times \text{HRn}$$

$$R^2 = 92,84 \quad R^2A = 92,42 \quad E \text{ estándar} = 0,236 \quad P = 0,000 \quad F = 223$$

Ecuación para el cálculo del riesgo máximo de cambio dimensional (RMC)

$$\text{RMC} = -7,80 + 0,0399 \times \text{Tm} - 0,033 \times \text{Tn} + 0,039 \times \text{HRm} + 0,244 \times \text{HRn}$$

$$R^2 = 84,55 \quad R^2A = 83,66 \quad E \text{ estándar} = 0,29 \quad P = 0,000 \quad F = 94$$



Figura. 1. Humedades recomendadas como promedios para el país y riesgo de cambios dimensionales.

En todos los casos las ecuaciones tienen coeficientes de determinación ajustados superiores al 80%. Las ecuaciones para el cálculo de la humedad recomendada exterior e interior presentaron mayores valores, superando ambas el 92%. La de riesgo de cambio dimensional fue inferior a las anteriores, explicando sus variables independientes el 83% de la variabilidad total de la dependiente.

Para el cálculo de la HEH existen tablas que se obtienen a partir de los valores de temperatura y humedad relativa. Las ecuaciones que se obtuvieron tienen en todos los casos cuatro variables independientes: temperatura máxima (Tm), temperatura mínima (Tn), humedad relativa máxima (Hrm) y humedad relativa mínima (Hrn), que resultan numerosas en cuestiones de preedición; sin embargo, por cuestiones de exactitud se consideran todas necesarias para la estimación de las variables depen-

dientes correspondientes. Estas pueden ser muy útiles para zonas o localidades donde se estime determinar cada una de estos parámetros importantes.

El resultado general del trabajo nos revela que las especies utilizadas en la construcción, tanto coníferas como latifolias, tienen un riesgo de atejado entre bajo y medio. Solamente seis especies de las 50 estudiadas tienen un valor alto; sin embargo, no son de mucho uso en la construcción por su limitado potencial y ser menos conocidas para estos trabajos. Algunas de estas especies son muy utilizadas a nivel local, de aquí que es importante conocer estos resultados; no obstante, se recomienda minimizar en lo posible el empleo de maderas con mucha anisotropía, independientemente de que el riesgo sea bajo, priorizando el empleo de maderas con bajos coeficientes unitarios de contracción y mínimo riesgo de deformación.

CONCLUSIONES

- Las especies utilizadas en la construcción, tanto coníferas como latifolias, presentan un riesgo de atejado entre bajo y medio; no obstante se recomienda utilizar especies que tengan una mayor estabilidad.
- La humedad recomendada para uso exterior fue del 17,05, y para interior del 16,35%.
- El riesgo máximo de cambio dimensional para el país resultó ser de 2,64, clasificándose como bajo.
- Las ecuaciones de regresión se obtuvieron para predecir las humedades recomendadas exterior e interior y el riesgo máximo de cambio dimensional, y altos coeficientes determinaron bajos errores estándares de estimación.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, H., SEOANE, I. 1983. Contenido de Humedad en la Madera según su empleo. AITIM Boletín de Información Técnica (ES) 114: 4-9.
- ÁLVAREZ NOVES, H., FERNÁNDEZ GOLFÍN, J.I. 1996. Humedad de la madera en la construcción y riesgo de cambio dimensional en España. Revista AITIM (ES) 183: 65-71
- FERNÁNDEZ GOLFÍN SECO, J.I. 1998. Manual de secado de maderas. Centro de Investigación Forestal (CIFOR-INIA). Madrid. 169 pp.
- GARCÍA, J.M., REY, G., HENRY, P., IBÁÑEZ, A.. 2008. Homologación de madera blanda y semiduras de latifolias para su uso como encofrados. Revista Forestal Bacarora (CU) 27 (1): 93-103
- IBÁÑEZ, A., MANZANARES, K., SOSA, M. 1978. Compendio de 56 especies maderables, cubanas, africanas y de otras regiones tropicales. Ciudad de La Habana, Centro de Investigación Forestal, 2v.
- IBÁÑEZ, A., HERNÁNDEZ, C., SOSA, M., GARCÍA, J.M. 2001. Propiedades y usos de 50 especies maderables que crecen en Cuba. PROPUESTA A PREMIO ACADEMIA 2001. 118 pp
- PEDRAZA, S.H. 1984. Recomendaciones para el secado de la madera al aire libre. Ciencia Forestal (MX) 52(9): 53-63.
- SÁNCHEZ, M. 1985. Humedad de Equilibrio Higroscópico en madera para Concordia. INTA Estación Experimental Agropecuaria (AR) 3: 6
- TINTO, J.C. 1968. Importancia del Secado Artificial de la Madera. Ingeniería Forestal (AR) 1: 27-30

ANEXOS

TABLA 1
Coeficientes de contracción dimensional y riesgo de atejado de especies coníferas destinadas a la construcción

No.	Especie	Nombre vulgar	Contracciones transversales (%)		Anisotropía		Riesgo de deformación	Densidad (g /cm ³)	PSF (%)	Recomendación para la construcción	
			Tangencial	Radial	Coefficiente	Absoluta				Exterior	Interior
1	<i>Pinus tropicalis</i> Morelet	Pino hembra	7,61	5,3	1,43	2,31	Bajo	0,740	32,0	x	x
2	<i>Pinus caribaea</i> Morelet ssp. <i>caribaea</i>	Pino macho	7,6	6,2	1,23	1,4	Bajo	0,767	24,0	x	x
3	<i>Pinus caribaea</i> Morelet ssp. <i>caribaea</i> (pequeñas dimensiones)	Pino macho	6,6	4,14	1,6	2,46	Medio	0,443	32,4	x	x
4	<i>Pinus cubensis</i> Grises	Pino de Mayarí	7,58	5,82	1,30	1,76	Bajo	0,743	35,3	x	x
5	<i>Pinus maestrensis</i> Bispe	Pino de la Sierra	7,25	6,09	1,19	1,16	Bajo	0,775	36,3	x	x

TABLA 2
Coeficientes de contracción dimensional y riesgo de atejado de especies latifolias destinadas a la construcción

No.	Especie	Nombre vulgar	Contracciones transversales (%)		Anisotropía		Riesgo de deformación	Densidad (g/cm³)	PSF (%)	Recomendación para la construcción	
			Tangencial	Radial	Coeficiente	Absoluta				Exterior	Interior
1	<i>Manilkara albenscens</i> (Griseb)	Ácana	5,40	3,4	1,58	2	Bajo	1,031	26,0	x	x
2	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merrill	Algarrobo del país	2,3	1,2	1,3	1,1	Bajo	0,551	32,0		x
3	<i>Terminalia catappa</i> (L.)	Almendro de la India	3,35	2,60	1,28	0,75	Muy Bajo	0,650	13,0		x
4	<i>Zanthoxylum martinicense</i>	Ayúa	8,80	4,0	2,2	4,8	Alto	0,630	27,5		x
5	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.)	Búcare	7,2	2,5	2,8	4,7	Alto	0,316	27	x	
6	<i>Trichilia hirta</i> L.	Cabo de hacha	8,37	5,07	1,65	3,3	medio	0,735	23	x	x
7	<i>Khaya nyasica</i> Siapt.	Caoba africana	3,71	2,47	1,50	1,24	Muy Bajo	0,620	26,40	x	x
8	<i>Swetenia macrophylla</i> King X	Caoba de Honduras	4,80	3,50	1,35	1,3	Muy Bajo	0,740	25	x	x
9	<i>Casuarina equisetifolia</i> Forst.	Casuarina	12,79	7,16	1,78	5,63	Medio	0,940	22,60		x
10	<i>Dydimopanax morototoni</i> (Aubl.)	Cordobán	9,0	5,0	1,80	4	Medio	0,580	28		x
11	<i>Bumelia salicifolia</i> (L.) Sw.	Cuyá	10,40	5,0	2,08	5,40	medio	1,030	41,0	x	x
12	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	Guásima	8,12	6,25	1,29	1,87	medio	0,735	24,70		x
13	<i>Protium fragans</i> (Rose) Urb.	Incienso	8,60	4,71	1,82	3,89	medio	1,040	25,80	x	x
14	<i>Bucida buceras</i> L.	Júcaro negro	12,49	7,16	1,74	5,33	Medio			x	x
15	<i>Mastichodendrum betidisimum</i> (Jacq) Cronquist	Jocuma	9,8	6,2	1,58	3,6	medio	0,940	24	x	x
16	<i>Matayba apetala</i>	Macurije	8,12	6,25	1,30	1,87	Muy bajo	0,680	19,8	x	x
17	<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	Majagua	6,80	3,40	2,0	3,4	Medio	0,555	24		x
18	<i>Avicennia germinans</i> (L.)	Mangle prieto	10,90	7,20	1,51	3,7	Medio	0,870	47		x
19	<i>Rhizophora mangle</i> L.	Mangle rojo	11,60	6,0	1,93	5,6	Alto	1,117	25		x
20	<i>Magnolia cubensis</i> Urban.	Mantequero	7,53	3,40	2,21	4,13	Medio	0,640	202	x	x
21	<i>Sloanea curatellifolia</i> Gris	Raizú	7,20	4,80	1,5	2,40	Bajo	0,740	26,90		
22	<i>Gecropia peltata</i> L.	Yagruma	8,12	6,5	1,25	1,87	Bajo	0,680	24,78		
23	<i>Exothea paniculata</i> (Juss.)	Yaicuaje	6,20	3,60	1,72	2,6	Bajo	0,812	29,60		
24	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Guara	8,43	4,66	1,81	3,77	Bajo	0,700	21,0		
25	<i>Calophyllum antillarum</i> Britt.	Ocuje	10,3	6,8	1,51	3,5	Medio	0,976	22,0	x	x
26	<i>Bucida buceras</i> L.		6,38	4,2	1,5	2,18	Medio	1,140	24,20		
27	<i>Lysiloma latissiliquum</i> (L.) Benth.	Sopilillo	3,6	1,9	1,77	1,7	Bajo	0,669	22,0	x	x
28	<i>Glicidia sepium</i>	Pinón florido	5,50	2,50	2,20	3,3	Medio	0,876	25,0	x	x
29	<i>Phyllostylon brasiliensis</i>	Jatía	7,30	3,90	1,87	3,40	Medio	0,910	18,40	x	x
30	<i>Hebestigma cubensis</i> (H.B.K.) Urb.	Frijolillo	5,90	3,90	1,51	2	Bajo	0,900	23,0	x	x
31	<i>Lysiloma sabicu</i> L.	Sabicú	8,0	5,0	1,60	3,0	Medio	0,873	22,60	x	x
32	<i>Quercus cubana</i> A. Rich	Encino	7,90	4,80	1,64	3,1	Medio	0,852	27,0	x	x
33	<i>Zanthoxylum elephanthis</i> Macf.	Bayua	9,80	6,50	1,50	3,3	Medio	0,746	17,10	x	x
34	<i>Pithecellobium arboreum</i> (L.) Urb.	Sabicú moruro	6,6	4,12	1,60	2,48	Bajo	0,791	26,0	x	x
35	<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britt. et Millsp.	Guaguasi	8,64	3,93	2,19	4,71	Alto	0,860	27,0		x
36	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Guáimaro	8,90	5,60	1,58	3,3	Bajo	0,984	27	x	x
37	<i>Colubina arborescens</i> (Mill) Sarg.	Bijaguara	9,40	5,74	1,63	3,66	Medio	0,999	33	x	x

TABLA 3
Coeficientes de contracción dimensional y riesgo de atejado de especies latifolias recomendadas para encofrado

Especie	Nombre vulgar	Contracciones transversales (%)		Anisotropía		Riesgo de deformación	Densidad (g/cm³)	PSF (%)	Recomendación para la construcción	
		Tangencial	Radial	Coeficiente	Absoluta				Exterior	Interior
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sargent	Almácigo	6,97	3,37	2,07	4,9	Alto	0,340	18,7		x
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) Karst	Anacauita	2,85	7,89	2,7	5,04	Alto	0,400	24		x
<i>Cecropia peltata</i> L.	Yagruma	6,5	8,12	1,25	1,87	Bajo	0,680	24,7		
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merrill.	Algarrobo del país	2,3	1,2	1,3	1,1	Bajo	0,551	32	x	x
<i>Spondias mombin</i> L.	Jobo	3,0	6,0	2,0	3,0	Medio	0,570	26	x	x
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Tengue	7,2	2,5	2,8	4,7	Alto	0,316	27		x

TABLA 4
Humedades recomendadas para uso exterior e interior

<i>Provincia</i>	<i>Uso exterior</i>		<i>Uso interior</i>			
	<i>HEH recomenda da exterior (%)</i>	<i>Riesgo exterior</i>	<i>HEH recomenda da Interior (%)</i>	<i>Riesgo interior</i>	<i>Riesgo máximo</i>	<i>Riesgo cambio por provincia</i>
<i>Pinar del Río</i>	17,300	1,900	16,350	0,950	2,850	Bajo
<i>San Juan y Martínez</i>	17,300	1,900	16,350	0,950	2,850	Bajo
<i>Pinar del Río</i>	17,950	2,250	16,825	1,125	3,375	Bajo
<i>La Palma</i>	16,800	2,000	15,800	1,000	3,000	Bajo
<i>Cabo de San Antonio</i>	16,900	2,800	15,500	1,400	4,200	Bajo
<i>Isabel Rubio</i>	17,900	1,800	17,000	0,900	2,700	Bajo
<i>Santa Lucía</i>	16,700	1,600	15,900	0,800	2,400	Bajo
<i>San Diego</i>	16,800	2,000	15,800	1,000	3,000	Bajo
<i>Bahía Honda</i>	17,000	1,300	16,350	0,650	1,950	Despreciable
<i>Viñales</i>	15,800	1,300	15,150	0,650	1,950	Despreciable
<i>Ciudad de La Habana</i>	16,700	1,600	15,900	0,800	2,400	Bajo
<i>Casablanca</i>	16,500	1,400	15,800	0,700	2,100	Bajo
<i>Santiago de las Vegas</i>	16,900	1,800	16,000	0,900	2,700	Bajo
<i>La Habana</i>	17,150	2,050	16,125	1,025	3,075	Bajo
<i>La Sabana</i>	15,700	1,800	14,800	0,900	2,700	Bajo
<i>Bauta</i>	17,550	2,150	16,475	1,075	3,225	Bajo
<i>Güira de Melena</i>	17,300	1,900	16,350	0,950	2,850	Bajo
<i>Batabanó</i>	17,300	1,900	16,350	0,950	2,850	Bajo
<i>Melena del Sur</i>	17,100	1,700	16,250	0,850	2,550	Bajo
<i>Güines</i>	17,150	2,050	16,125	1,025	3,075	Bajo
<i>Tapaste</i>	17,300	1,900	16,350	0,950	2,850	Bajo
<i>Bainoa</i>	17,700	2,000	16,700	1,000	3,000	Bajo
<i>Matanzas</i>	16,900	2,100	15,850	1,050	3,150	Bajo
<i>Unión de Reyes</i>	16,500	2,300	15,350	1,150	3,450	Bajo
<i>Jagüey Grande</i>	17,650	1,550	16,875	0,775	2,325	Bajo
<i>Jovellanos</i>	17,000	2,200	15,900	1,100	3,300	Bajo
<i>Indio Hatuey</i>	16,850	2,350	15,675	1,175	3,525	Bajo
<i>Playa Girón</i>	17,650	1,550	16,875	0,775	2,325	Bajo
<i>Colón</i>	16,700	2,500	15,450	1,250	3,750	Bajo
<i>Cienfuegos</i>	16,450	1,850	15,525	0,925	2,775	Bajo
<i>Aguada de Pasajeros</i>	16,950	1,850	16,025	0,925	2,775	Bajo
<i>Cienfuegos</i>	16,200	1,700	15,350	0,850	2,550	Bajo
<i>Villa Clara</i>	17,700	2,000	16,700	1,000	3,000	Bajo
<i>Sagua la Grande</i>	17,100	1,700	16,250	0,850	2,550	Bajo
<i>El Yabú</i>	17,450	1,750	16,575	0,875	2,625	Bajo
<i>Caibarién</i>	16,450	1,050	15,925	0,525	1,575	Despreciable
<i>Sancti Spíritus</i>	17,150	2,050	16,125	1,025	3,075	Bajo
<i>Trinidad</i>	15,050	1,650	14,225	0,825	2,475	Bajo
<i>Sancti Spíritus</i>	17,000	2,200	15,900	1,100	3,300	Bajo
<i>El Jíbaro</i>	17,700	2,000	16,700	1,000	3,000	Bajo
<i>Topes de Collantes</i>	19,350	2,250	18,225	1,125	3,375	Bajo
<i>Ciego de Ávila</i>	17,300	1,900	16,350	0,950	2,850	Bajo
<i>Júcaro</i>	17,650	1,550	16,875	0,775	2,325	Bajo
<i>Ciego de Ávila</i>	16,850	2,350	15,675	1,175	3,525	Bajo

<i>Tipo de riesgo</i>	<i>CA</i>	<i>AR</i>
Muy bajo	Menos de 1,8	Menos de 1,1
Bajo	1,8-2,2	1,1-2,5
Medio	2,2-2,5	2,5-3,5
Alto	Más de 2,5	Más de 3,5

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Pedro Pablo Henry Torriente

Doctor en Ciencias Ecológicas, es investigador auxiliar del Instituto de Investigaciones Forestales y profesor adjunto del Instituto Superior de Arte y de la Universidad Hermanos Saíz Montes de Oca, Pinar del Río. Ha desarrollado diferentes investigaciones relacionadas con la tecnología de la madera y la mensura forestal, y participado en eventos nacionales e internacionales. Es miembro del Tribunal Nacional Forestal para el otorgamiento de grados científicos.

Camilo Cienfuegos	17,300	1,900	16,350	0,950	2,850	Bajo
Camagüey	17,150	2,050	16,125	1,025	3,075	Bajo
Florida	16,650	2,150	15,575	1,075	3,225	Bajo
Esmeralda	17,800	2,400	16,600	1,200	3,600	Bajo
Camagüey	16,800	2,000	15,800	1,000	3,000	Bajo
Las Tunas	16,950	1,850	16,025	0,925	2,775	Bajo
Las Tunas	16,250	2,050	15,225	1,025	3,075	Bajo
Puerto Padre	17,250	1,550	16,475	0,775	2,325	Bajo
Holguín	17,600	1,200	17,000	0,600	1,800	Despreciable
Punta Lucrecia	16,800	0,100	16,750	0,050	0,150	Despreciable
La Jíquima	17,150	2,050	16,125	1,025	3,075	Bajo
Velasco	18,150	1,050	17,625	0,525	1,575	Despreciable
Guaro	17,200	1,100	16,650	0,550	1,650	Despreciable
Pinares de Mayarí	18,400	1,700	17,550	0,850	2,550	Bajo
Granma	16,850	1,450	16,125	0,725	2,175	Bajo
Cabo Cruz	16,800	0,700	16,450	0,350	1,050	Despreciable
Manzanillo	16,850	1,450	16,125	0,725	2,175	Bajo
Jucarito	16,050	1,850	15,125	0,925	2,775	Bajo
Veguita	17,350	2,850	15,925	1,425	4,275	Mediano
Santiago de Cuba	17,550	1,150	16,975	0,575	1,725	Despreciable
Santiago de Cuba	15,100	0,900	14,650	0,450	1,350	Despreciable
Contramaestre	17,100	1,700	16,250	0,850	2,550	Bajo
Gran Piedra	21,600	1,600	20,800	0,800	2,400	Bajo
Guantánamo	15,900	0,800	15,500	0,400	1,837	Despreciable
Punta de Maisí	16,250	0,850	15,825	0,425	1,275	Despreciable
Guantánamo	16,000	1,500	15,250	0,750	2,250	Bajo
Isla de la Juventud	16,700	1,600	15,900	0,800	2,400	Bajo
Nueva Gerona	16,950	1,850	16,025	0,925	2,775	Bajo
La Fe	16,450	2,350	15,275	1,175	3,525	Bajo
Punta del Este	16,650	1,250	16,025	0,625	1,875	Despreciable
Cuba (promedio)	17,054	1,764	16,172	0,882	2,645	Bajo

TABLA 5
Clasificación según riesgo máximo de cambio
dimensional por capitales de provincia

Provincia	Riesgo de cambio máximo de cambio	
	Despreciable	Bajo
Pinar del Río		2,850
Ciudad de La Habana		2,400
La Habana		3,075
Matanzas		3,150
Cienfuegos		2,775
Villa Clara		3,000
Sancti Spiritus		3,075
Ciego de Ávila		2,850
Camagüey		3,075
Las Tunas		2,775
Granma		2,175
Holguín	1,800	
Santiago de Cuba	1,725	
Guantánamo	1,837	
Isla de la Juventud	2,400	