

# PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA ESPECIE CEDRELA ODORATA L. PLANTADAS EN CONDICIONES INTENSIVAS

## MECHANICAL AND PHYSIC PROPERTY OF CEDRELA ODORATA L. PLANTING IN INTENSIVE CONDITION

DR. PEDRO P. HENRY-TORRIENTE,<sup>1</sup> ING. ANÍBAL GONZÁLEZ-ROQUE,<sup>1</sup> DR. JUAN M. GARCÍA-DELGADO,<sup>1</sup> TÈC. MARIA V. GARCÍA-MANTILLA,<sup>1</sup> TÈC. ISRAEL MORENO-CARO<sup>1</sup> Y DR. RENÉ LÓPEZ-CASTILLA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, reparto Siboney, Playa, La Habana, Cuba, henry@forestales.co.cu

### RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar algunas propiedades físicas y mecánicas de la madera de Cedrela odorata L. (cedro) plantada en condiciones intensivas en las localidades de Viñales y Alquizar. La densidad seca al aire en la zona de Alquizar se comportó superior a Viñales, 0,412 g/cm<sup>3</sup> por 0,365 g/cm<sup>3</sup>. Esta tuvo una tendencia a aumentar de la base hasta la rabiza. El comportamiento de las contracciones fue bastante similares en ambos casos, la volumétrica total inferior al 10 %, y las transversales al 5 % como promedio general. Las propiedades mecánicas en las localidades se comportaron inferiores con respecto al estudio de Ibáñez y col. (2002). La compresión paralela a las fibras y flexión estática tuvieron para este último valores de 391 y 714 kgf/cm<sup>2</sup> con relación a 298 y 399 kgf/cm<sup>2</sup> los primeros. En cuanto a las características organolépticas, la madera mostró un color más claro que la madera madura, pero el olor es escaso, siendo más pronunciado en la base. Las características tecnológicas brindan una madera que es muy fácil trabajar e hilar.

Palabras claves: propiedades mecánicas, propiedades físicas, madera, característica organoléptica, plantación intensivas.

### INTRODUCCIÓN

El cedro es una especie considerada entre las más promisorias en la industria cubana de la madera; desde hace décadas es utilizada en la confección de cajas para el envase del tabaco, en la fabricación de estantes, gabinetes, muebles, entre otros. Su perseguido uso, además de su

### ABSTRACT

This study has the objective determine some mechanical and physic properties of Cedrela odorata species planting in intensively conditions in Viñales and Alquizar located. The dry air density was in Alquizar higher than Viñales 0,412 g/cm<sup>3</sup> by 0,365 g/cm<sup>3</sup>. In the part of the bole the base is comported very superior related inferior part. The contraction was similar in both located the volumetric was inferior to 10 % and transversals to 5 %. The mechanical property in both located is comported inferior related the studies achievement by Ibáñez y col. (2002). The parallel compression and static bend had values of 391 y 714 kgf/cm<sup>2</sup> related a 298 y 399 kgf/cm<sup>2</sup> the first. The organoleptic characteristic show a colour clearer than mature timber and the smell was very simple and deeper in base. The technologic characteristics show a wood easy work and saw.

Key words: mechanics property, physics property, wood, intensive plantation.

versatilidad para objetos decorativos y trabajos de ebanistería fina, hace que se vea reducida su existencia en los bosques naturales. De aquí la idea de proyectos para llevar a cabo la lignicultura o plantaciones intensivas de la especie en diferentes zonas del país.

Aunque se han hecho estudios en Cuba sobre las propiedades físico-mecánicas de la especie *Cedrela odorata* L., estos se han realizado para la madera madura; sin embargo, es muy necesario que estos abarquen el rango de edades con objetivo de conocer en qué momento se encuentra lista para rendir un producto de calidad. Este aspecto es muy importante en los rendimientos a obtener en las industrias de transformación primaria.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas de la especie de *Cedrela odorata* L. plantada en condiciones intensivas en dos localidades del país: Viñales y Alquizar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La madera para el estudio procede de dos localidades donde se planta la especie *Cedrela odorata* L. en condiciones intensivas. La primera de cinco años perteneciente a la Estación Experimental Forestal de Viñales, y la segunda de cuatro años correspondiente a la zona de Alquizar.

Para la realización del trabajo se tomaron muestras de cada localidad, tres árboles para la zona de Alquizar y cuatro para Viñales. En las *Tablas 1 y 2* se detallan las características

de las muestras utilizadas en cada una de las zonas. Es necesario señalar que se utilizaron solamente las muestras disponibles en cada una de las localidades.

**TABLA 1**  
**Datos de las muestra de la localidad Viñales**

No. de muestra	Edad (años)	Diámetro medio (cm)	Longitud (m)
A1	5	7,430	2,22
A2	5	12,585	2,11
A3	5	5,665	2,17
Total		8,56	2,16

**TABLA 2**  
**Datos de las muestra de la localidad Alquizar**

No. de muestra	Edad (años)	Diámetro medio (cm)	Longitud (m)
A1	4	11,40	2,17
A2	4	12,585	2,18
A3	4	11,200	2,17
A4	4	9,625	2,18
Total		11,20	2,17

El estudio se desarrolló en el Laboratorio de Tecnología de la Madera del Instituto de Investigaciones Forestales. Para el mismo se utilizaron muestras de dos localidades fundamentales: Viñales y Alquizar. En la siguiente tabla se reflejan las probetas obtenidas por cada una de ellas y para los ensayos correspondientes.

**TABLA 3**  
**Total de probetas utilizadas por cada procedencia**

Propiedades	Dimensión probeta	Norma	Cantidad por localidad	
			Viñales	Alquizar
Densidad y contracción long.	3 x 3 x 10 cm	NC-43-37-87	20	18
Contracciones transversales	3 x 3 x 1,5 cm	DIN 52 184	25	20
Compresión paralela	2 x 2 x 5 cm	ISO/DIN 3787-75	25	30
Flexión estática	2 x 2 x 30 cm	ISO 3133-75 NC 4335-88	12	25

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. Los valores responden a la densidad verde, normal, seca al horno y básica. Igualmente se determinó para las tres partes de la muestra, base, medio y rabiza la densidad seca al aire. Las mediciones se hicieron con un micrómetro y las masas 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 probetas con dimensiones de 3 x 3 x 1,5 cm; con los resultados se calcularon los valores de la relación tangencial radial y la anisotropía absoluta.

Los ensayos para 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. Con ello se determinó el módulo de ruptura con probetas de 2 x 2 x 30 cm, de acuerdo con la norma ISO 3133.

En todos los casos los resultados de cada una de las pruebas mecánicas fueron referidos al 12 % de humedad a partir de los coeficientes utilizados al respecto.

Se realizó un análisis de varianza con diseño en bloque completamente aleatorizado para determinar diferencias estadísticas entre la densidad seca al aire de las localidades (bloque) y partes del árbol (tratamiento); también para la comparación entre propiedades mecánicas se hizo una prueba t para muestras independientes.

Se determinaron algunas características organolépticas, como color, sabor y olor, apelando a la experiencia del personal del laboratorio de tecnología de la madera en el trabajo con la especie.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las *Tablas 4 y 5* se reflejan los resultados de las propiedades físicas y mecánicas para cada una de las localidades. La densidad seca al aire en Alquizar se comportó superior a Viñales, 0,412 g/cm<sup>3</sup> la primera por 0,365 g/cm<sup>3</sup> la segunda. Estos resultados están en correspondencia con los obtenidos por Record y Mell (1924), citado por Henry y col. (2010), cuyo rango osciló entre 0,37 y 0,75 g/cm<sup>3</sup>.

**TABLA 4**  
**Propiedades físico-mecánicas para la localidad Viñales**

<i>Propiedades físicas</i>				
<i>Ensayos</i>	<i>Humedad</i>	<i>Expresión</i>	<i>Valor medio</i>	<i>Clasificación</i>
Densidad verde	105	g/cm <sup>3</sup>	0,660	Semipesada
Densidad seca al aire	12	g/cm <sup>3</sup>	0,365	Ligera
Densidad seca al horno	0	g/cm <sup>3</sup>	0,305	Ligera
Densidad básica	–	g/cm <sup>3</sup>	0,288	Ligera
Contracción volumétrica total	–	%	8,941	Contracción pequeña
Contracción radial	–	%	3,495	Baja
Contracción tangencial	–	%	4,996	Baja
Relación T/R	–	%	1,43	Favorable
Anisotropía absoluta	–	%	1,501	Muy bajo
Coefficiente de contracción volumétrica total	–	%	0,275	Poco nerviosa
Higroscopicidad	–	%	0,0026	Normal
Punto de saturación de las fibras	–	%	25,5	Normal
<i>Propiedades mecánicas</i>				
Compresión paralela a la fibra	12 %	kgf/cm <sup>2</sup>	236,0	Bajo
Flexión estática	12 %	kgf/cm <sup>2</sup>	300,0	Baja

**TABLA 5**  
**Propiedades físico-mecánicas para la localidad Alquizar**

<i>Propiedades físicas</i>				
<i>Ensayos</i>	<i>Humedad</i>	<i>Expresión</i>	<i>Valor medio</i>	<i>Clasificación</i>
Densidad verde	108	g/cm <sup>3</sup>	0,600	Semipesada
Densidad seca al aire	12	g/cm <sup>3</sup>	0,414	Ligera
Densidad seca al horno	0	g/cm <sup>3</sup>	0,342	Ligera
Densidad básica	–	g/cm <sup>3</sup>	0,333	Ligera
Contracción volumétrica total	–	%	8,953	Contracción pequeña
Contracción radial	–	%	2,947	Baja
Contracción tangencial	–	%	4,909	Baja
Relación T/R	–	%	1,66	Favorable
Anisotropía absoluta	–	%	1,962	Muy bajo
Coefficiente de contracción volumétrica total	–	%	0,336	Poco nerviosa
Higroscopicidad	–	%	0,0026	Normal
Punto de saturación de las fibras	–	%	27,0	Normal
<i>Propiedades mecánicas</i>				
Compresión paralela a la fibra	12 %	kgf/cm <sup>2</sup>	360,0	Bajo
Flexión estática	12 %	kgf/cm <sup>2</sup>	498,0	Baja

La densidad básica útil para los cálculos reales de biomasa fue 0,288 y 0,333 g/cm<sup>3</sup> para Viñales y Alquizar, respectivamente, inferiores a los alcanzados por Anon (1957) y Bryce (1966), citado por Anónimo (1966), quienes al comparar la densidad del cedro en Estados Unidos y Tanzania con los de la caoba hondureña, tuvieron valores de 0,38 y 0,388 g/cm<sup>3</sup>. Estos fueron también muy inferiores a los obtenidos por Bascope y otros (1957), citado por Betancourt (1983) y Sotomayor (2002), que reportaron cifras desde 0,400 hasta 0,63 g/cm<sup>3</sup>.

**TABLA 6**  
Valores medios de la densidad seca normal para la localidad Viñales

Muestra	Muestra	Humedad (%)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Promedio	Base		0,368
	Medio		0,347
	Rabiza		0,348
Promedio total	Muestra	12	0,354

**TABLA 8**  
Resultado del análisis de varianza para la densidad seca al aire

Variable	Factor	Tipo	Media	ES	Grupos homogéneos
	Tratamiento				
Densidad seca al aire	Localidad (bloques)	1	0,403	±0,021	a
		2	0,354		b
	Partes de la troza (tratamiento)	1	0,401	±0,025	a
		2	0,379		a
		3	0,367		a

Las contracciones fueron bastante similares en ambos casos; la volumétrica total inferior al 10 % y las transversales al 5 % como promedio en general. Estos últimos fueron superiores a los obtenidos por Bryce (1966), citado por Anónimo (1966), donde las contracciones radiales y tangenciales fueron el 2,8 y 3,9 %, respectivamente. El valor de la anisotropía estuvo en el entorno de 1,5, comportándose de forma normal para ambas localidades. El coeficiente de contracción volumétrica la clasifica como una madera poco nerviosa que unido a su relación tangen-

**TABLA 7**  
Valores medios de densidad normal para la localidad Alquizar

Muestra	Muestra	Humedad (%)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Promedio	Base		0,425
	Medio		0,403
	Rabiza		0,382
Promedio total	Muestra	12	0,403874

En cuanto comportamiento de la densidad seca al aire en cada una de las partes de troza, la base tuvo mayor valor disminuyendo desde esta hasta el diámetro menor (Tablas 6 y 7).

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticamente significativas para un 95 % de confiabilidad entre bloques (localidades), mientras que para las partes de la troza (tratamientos) sin tener en cuenta la localidad no se presentaron (Tabla 8).

cial-radial y anisotropía absoluta la hacen una madera con poca tendencia a las deformaciones durante el secado.

Para las pruebas mecánicas compresión paralela a las fibras y flexión estática, la prueba t para muestras independientes indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las zonas, con mayores valores para la localidad de Alquizar con 360 y 498 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Estos resultados se corresponden con una mayor densidad de la madera (Tabla 9).

**TABLA 9**  
Prueba t para muestras independientes en los ensayos mecánicos

Variable	Localidad	n	Medias	T	P
Compresión	Alquizar	56	360,28	7,49	0,00001
	Viñales	39	236,07		
Flexión	Alquizar	26	497,7	3,43	0,0017
	Viñales	9	292,51		

\*p < 0,05 \*\*p < 0,01 \*\*\*p < 0,001 NS P > 0,05

En la *Tabla 10* se hace una comparación entre las propiedades físicas y mecánicas ensayadas por Ibáñez y *et al.* (2002). Con el resultado del presente estudio, la densidad seca al aire en este último estudio estuvo comprendida entre 0,460 y 0,500 g/cm<sup>3</sup> con respecto a 0,365-400 g/cm<sup>3</sup> como promedios en las localidades. Las contracciones y los valores de anisotropía se comportaron en estas últimas algo superiores en todos los casos a los estudios de Ibáñez y *et al.* (2001), aspecto que se debe a la presencia de la madera juvenil.

Las propiedades mecánicas en las localidades se comportaron como promedio inferiores al estudio de Ibáñez *et al.* (2001). La compresión paralela a las fibras y flexión estática tuvieron para este último valor de 391 y 714 kgf/cm<sup>2</sup> con relación a 298 y 399 kgf/cm<sup>2</sup> los primeros. Los resultados difieren también de los alcanzados por Sotomayor (2002), que para el cedro en México reportó 280 kgf/cm<sup>2</sup> para la compresión y 500 kgf/cm<sup>2</sup> para la flexión. Este estudio indica la especie que para su densidad los valores de resistencia aún son bajos, por lo que no es adecuada para los usos a los que se está acostumbrado con la madera madura. Anon (1957) y Bryce (1966), citado por Anónimo (1966), en Estados Unidos y Tanzania encontraron en la

especie para gravedad específica de 0,38 g/cm<sup>3</sup> como promedio propiedades de fuerza bajas, no recomendándola para propósitos estructurales y de otra índole.

Las muestras de madera en rollo utilizadas para el estudio tenían diámetros promedio de 8,56 cm para Viñales y 11,20 cm para Alquizar, con edades de cinco y cuatro años, respectivamente; con estas dimensiones la madera no es comercializable a pesar de tener características físico-mecánicas aceptables. Los resultados demuestran que aún en esta edad la madera no ha alcanzado su madurez necesaria, por lo que se recomienda hacer estudios con edades y diámetros más avanzados.

En relación con las características organolépticas, la madera mostró un color blancuzco, más claro que la madera madura; el olor y sabor se comportó muy escaso en toda la muestra, aumentando ligeramente su fragancia hacia la base. Estos resultados están en correspondencia con los de Record y Mell (1924), citado por Anónimo (1966), los cuales señalan que la madera de árboles jóvenes, especialmente los de crecimiento rápido a condiciones abiertas, es menos fragante y de color más claro, y más suaves de los viejos árboles.

**TABLA 10**  
**Comparación de los resultados del estudio con los reportados por Ibáñez y col. (2002)**

Propiedad	Humedad (%)	Expresión	Valores generales por procedencias		
			Viñales	Alquizar	50 especies
Densidad verde	100	g/cm <sup>3</sup>	0,660	0,600	0,760
Densidad seca al aire	12	g/cm <sup>3</sup>	0,365	0,402	0,460-0,500
Densidad seca al horno	0	g/cm <sup>3</sup>	0,305	0,342	0,420
Densidad básica	–	g/cm <sup>3</sup>	0,288	0,333	–
Contracción volumétrica total	–	%	8,941	8,953	9,97
Contracción radial	–	%	3,495	2,947	2,56
Contracción tangencial	–	%	4,996	4,909	3,41
Relación T/R		%	1,43	1,66	1,33
Anisotropía absoluta		%	1,501	1,96	0,85
Coefficiente contracción volumétrica total	–	%	0,0026	0,336	0,48
Higroscopicidad	–	%	0,0026	0,0026	
Punto saturación de las fibras	–	%	25,5	27,0	27,7
Compresión paralela a la fibra	12	kgf/cm <sup>2</sup>	236,0	360,0	391,0
Flexión estática	12	kgf/cm <sup>2</sup>	300,0	498,0	714

Las características tecnológicas brindan una madera que es muy fácil trabajar e hilar, recomendándose usos como envases, revestimientos

y muebles que soporten pesos ligeros, siempre y cuando la madera tenga las dimensiones requerida para su transformación industrial.

## CONCLUSIONES

- Las propiedades físicas densidad y contracciones se comportaron muy superiores para la localidad de Alquizar que para Viñales, pero inferiores a los considerados por Ibáñez y col. para la madera madura.
- Los valores de resistencia mecánica, compresión y flexión estática fueron superior en la localidad de Alquizar, pero muy inferiores a los estudios reportados para la madera madura.
- Los usos que se recomiendan para la especie a estas edades son envases, revestimientos y muebles que soporten pesos ligeros.
- Las características organolépticas mostraron una madera con un color más claro y con menor aroma, siendo más marcado hacia la base.

## BLIBIOGRAFÍA

American Society for testing and Materials. 1955. Paint, Naval store, Cellulose, Wax, Polish, Wood, Acoustical Materials, Sandwich and Building Contrucction, Fire tests. Part 4. Philadelphia. 1983 p.

Anónimo. 1966. Propiedades Generales de la Madera de Cedrela odorata.

Betancourt, A. 1987. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. La Habana. Editorial Científico Técnica. 427 p.

DIN-52-184. Contracción Volumétrica Total. Método de Ensayo.

Fors, J. 1965. Maderas Cubanas. La Habana. Editorial INRA. 182 p.

Henry. P.P., et al. 2010. Estudio de algunas características morfológicas del fuste de *cedrela odorata* l. en plantaciones intensivas. Revista Forestal Baracoa (CU) 29(2): 57-65. Julio-Diciembre.

Ibáñez, A., Manzanares, K., Sosa, M. 1978. Compendio de 56 especies maderables cubanas, africanas y de otras regiones tropicales. La Habana. Instituto de Investigaciones Forestales. 180 p.

Ibáñez, A., et al. 2001. Propiedades y usos de 50 especies maderables que crecen en Cuba. PROPUESTA A PREMIO RAMAL DE LA AGRICULTURA 2001).

NFB. 51—009. Flexión dinámica. Método de Ensayo.

NFB. 51—010. Tracción perpendicular a las fibras. Método de Ensayo.

Normas ISO -----1975 Draft International Standard. ISO 3133, ISO 3137, ISO 3787, ISO 3132.

NC-43-34-87. Determinación de la Humedad en Ensayos Físicos-Mecánicos. Vigente abril 1987

NC-43-34-87. Propiedades físicos-mecánicos. Toma de muestra. Vigente abril 1987.

Sotomayor, J.R. 2002. Tabla FITECMA de Clasificación de Características Mecánicas de Maderas Mexicanas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

UNE 56-540-78. 1978. Características físico mecánicas de la madera: Interpretación de los resultados de los ensayos. Norma Española.

## RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Pedro P. Henry Torriente

Doctor en Ciencias Ecológicas, investigador auxiliar del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, profesor adjunto del Instituto Superior de Arte y de la Universidad Hermanos Saíz, ha desarrollado diferentes investigaciones relacionadas con la tecnología de la madera y la mensura forestal. Es miembro del Tribunal Nacional Forestal para el otorgamiento de grados científicos y del Consejo Científico del Centro. Ha participado en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.