

PROPIEDADES Y USOS DE LA MADERA DE ROYSTONEA REGIA (H.B.K.) O. F. COOK. (PALMA REAL)

PROPERTIES AND USES OF WOOD ROYSTONEA REGIA (H.B.K.) O. F. COOK. (PALMA REAL)

DR. C. PEDRO P. HENRY-TORRIENTE, DR. C. JUAN M. GARCÍA-DELGADO, TÈC. MARÍA V. GARCÍA-MANTILLA,
Y TÈC. ISRAEL MORENO-CARO

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

RESUMEN

El trabajo que se presenta tiene como objetivo determinar algunas de las propiedades de la madera de la especie Roystonea regia (H.B.K.) O. F. Cook (palma real), definida como el árbol nacional y utilizada para la construcción de casas rústicas. Para el estudio se obtuvieron ejemplares provenientes de las áreas de cuatro Estaciones Experimentales. De cada ejemplar se tomaron muestras de la base, el centro y la rabiza, con las que se elaboraron probetas para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas. Los valores de densidad media se comportaron de la siguiente forma: la normal 0,712 g/cm³; en estado saturado 0,922 g/cm³; en condición seca al horno 0,690 g/cm³ y la densidad básica de 0,622 g/cm³. En cuanto a la resistencia mecánica, la compresión paralela a las fibras fue de 49,85 Mpa y la flexión estática de 93,5 Mpa, con un módulo de elasticidad de 11000,5 Mpa.

Palabras claves: propiedades físicas, propiedades mecánicas, palma real, características, densidad

INTRODUCCIÓN

La especie *Roystonea regia* (H.B.K.) O. F. Cook (palma real) es endémica de los campos de Cuba; sus usos son muy diversos y están relacionados, entre otros, con la utilización de los frutos y semillas para la alimentación animal, que resulta un excelente alimento para la cría de puercos. En muchos lugares esta especie, junto a otras con gran valor nutritivo en sus frutos, se

ABSTRACT

The work that presents have the aims to determining some properties of the wood of the Roystonea regia (H.B.K.) O. F. Cook (palma real) this species is considered the national tree and is used to build rustic house in Cuba. For the study, the originating specimens got from the areas of 4 Forest Experiment Stations themselves, which find themselves distributed at all the country. Out of every their one they took base signs, the center and the rabiza, with the ones that elaborated test tubes for the determination of physical properties and mechanics themselves. The values of half density were the following the normal of 0.712 g/cm³; Pregnant saturated 0.922 g cm³; In dry condition to the oven 0.690 g cm³ and the basic density of 0.622 g cm³. As to mechanical resistance, the parallel compression to fibers went from 49.85 Mpa and 93.5 Mpa static flexion, with 11 000.5 Mpa modulus of elasticity.

Keys words: physical properties, mechanical properties, royal palm, characteristics, density

erigen como parte de los cotos porcinos, donde se ceban estos animales en forma semintensiva. Según Leyva (2001), la especie es de monumental tamaño, que puede alcanzar hasta 40 m de altura. Su elegante tronco, algo más grueso hacia el tercio medio, sin llegar a ser ventrudo, es liso y de color blanco grisáceo. Está coronada con un penacho de hojas enormes (hasta 6 m

de largo) pinnadas, con numerosos y brillantes foliolos. Las vainas, conocidas popularmente como yaguas, son muy grandes, cilíndricas y lisas.

Cook (1901) apunta que las vainas foliares extendidas como hojas (pencas) de *Roystonea borinquena* (H.B.K.) O. F. Cook (palma de Puerto Rico), especie muy parecida a la cubana, se ha utilizado para el techado de viviendas y establos. Núñez (2008) plantea que el cogollo de la palma real tiene dos fines fundamentales: obtención de fibras rústicas para el amarre del guano de cobijas y como guano bendito para celebraciones religiosas.

Entre los usos más difundidos de la palma real en Cuba se encuentra la tabla, labrada a mano desprovista de su tripa suave, dejando la parte dura o tea al grueso a que va a ser utilizada. Esta proviene principalmente de la parte basal o tercio inferior, y se emplea para forrar las paredes de los bohíos y casas rústicas y entablados de cercas, entre otros.

No obstante, al empleo de la madera de la palma real, en el pasado y presente muy poco

se ha estudiado acerca de sus propiedades, características y comportamiento como base para ampliar los usos, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo la determinación de algunas de las propiedades físicas y mecánicas de la madera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de tecnología de la madera del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales a partir de ejemplares provenientes de cuatro Estaciones Experimentales Agro-Forestales pertenecientes a Viñales, Itabo, Placetas y Guisa. Estas se encuentran distribuidas en diferentes zonas del país. Las muestras se recibieron en forma de tablas labradas desprovistas de su tripa suave, con diferentes groesos, identificándose para cada una de ellas, la localidad y parte del árbol. Con las mismas se elaboraron probetas para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas (*Fig. 1*).

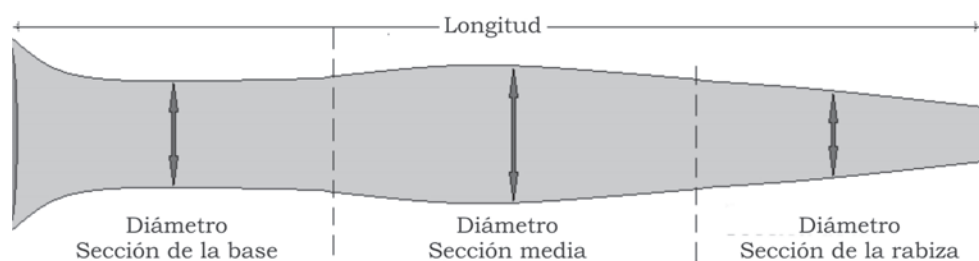


Figura 1. Secciones del tronco de la palma real para a forma de muestras.

Las probetas fueron cortadas y orientadas considerando un radio desde la zona central, donde se encuentra una madera de menor calidad formada de una tripa suave hasta la capa gruesa. De esta forma se tuvo en cuenta para su estudio las tres direcciones principales: radial, tangencial y longitudinal, al igual que la madera (*Fig. 2*). A todas las probetas se les retiró la capa o corteza externa para lograr que estuvieran a escuadra para la realización de los ensayos.

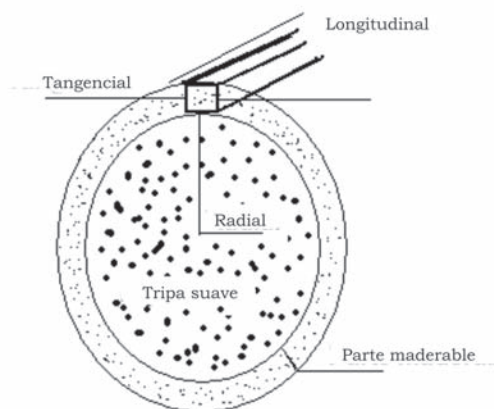


Figura 2. Corte transversal de la palma real.

TABLA 1
Total de probetas utilizadas por cada localidad

Propiedades	Dimensión probeta	Norma	Total	Cantidad de probetas por localidad			
				Itabo	Placetas	Guisa	Viales
Densidad y contracciones	2 x 2 x 2 cm	UNE 56-33-77	60	15	15	15	15
Compresión paralela	2 x 2 x 5 cm	ISO/DIN 3787-75	60	15	15	15	15
Compresión perpendicular	2 x 2 x 5 cm	ISO 3132	60	15	15	15	15
Flexión estática	2 x 2 x 30 cm	UNE 56-537-79	60	15	15	15	15
Flexión dinámica	2 x 2 x 30 cm	NFB 51-009	48	12	12	12	12

Las muestras utilizadas en cada uno de los ensayos y por localidad se expresan en la *Tabla 1*. Las propiedades físicas estudiadas fueron la densidad, determinándose la saturada, normal, seca al horno y básica. 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 se utilizaron también para la determinación de las contracciones transversal, longitudinal, radial y tangencial, y la volumétrica total. Los ensayos para las pruebas de resistencia se realizaron en diferentes prensas. Para la compresión paralela y perpendicular a las fibras se utilizó una prensa universal Avery de 40 t, y la flexión estática se ejecutó en una de 1 t, con la que se determinó la resistencia a la ruptura. La prueba de flexión dinámica (tenacidad) se desarrolló en un péndulo de 100 joule. Los resultados en cada una de las pruebas fueron referidos al 12 % de humedad a partir de los coeficientes utilizados al respecto. El módulo de elasticidad a la flexión estática se determinó a partir de la fórmula determinada por Henry (2014).

Para determinar la existencia de diferencias estadísticas entre las localidades se realizó un análisis de varianza, con un nivel de significación del 5 % y un test de comparación de medias para las propiedades físicas y mecánicas. Se utilizó el programa estadístico InfoStat. (2008)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las propiedades físicas y mecánicas se pueden observar por localidades en las *Tablas 2, 3, 4 y 5*, y de forma consolidada en la *Tabla 6*. Las densidades se comportaron entre 0,52 g/cm³ hasta 0,99 g/cm³, desde la básica hasta la saturada. La *Tabla 7* muestra el análisis de varianza para la densidad, indicando diferencias significativas solamente en Itabo para la saturada, mientras que para el resto no existieron diferencias. La densidad normal tuvo como promedio 0,712 g/cm³, que la clasifica como semipesada. El peso seco volumétrico o densidad básica resultó ser como promedio 0,558 g/cm³. Este resultado expresa solamente el valor promedio de la densidad de la palma en la periferia, considerando las tres secciones estudiadas, pero debe esperarse, atendiendo a la composición de las palmeras, un gradiente de densidades desde el centro hasta la zona exterior. Se ha podido observar que las especies abandonadas en los campos con el paso del tiempo su zona central se reduce a polvo por el ataque de las plagas, manteniendo la testa dura de la superficie. Esto denota de alguna forma una diferencia en cuanto a densidad. De acuerdo con este comportamiento, Richolson y Swarup (1977), citado por la FAO (1986), apuntan que una madera madura de palma de coco puede alcanzar una densidad en la parte central de 250 kg/m³ y en la periferia 900 kg/m³.

TABLA 2
Resultados de las propiedades para la localidad de Itabo

Ensayos	Propiedades físicas			Clasificación
	Humedad	Expresión	Valor medio	
Densidad saturada	64	g/cm ³	0,874	Pesada
Densidad normal	12	g/cm ³	0,785	Semipesada
Densidad seca horno	0	g/cm ³	0,601	Semipesada
Densidad básica	-	g/cm ³	0,536	Semipesada
Contracción volumétrica total	-	%	11,741	Contracción media
Contracción radial	-	%	6,270	Media
Contracción tangencial	-	%	4,728	Pequeña
Contracción longitudinal	-	%	0,719	Media
Relación T/R	-	%	0,750	Normal
Relación R/T	-	%	1,465	Normal
A. absoluta	-	%	1,542	Muy bajo
Coefficiente de contracción volumétrica	-	%	0,418	M. nerviosa
Higroscopicidad	-	%	0,0040	Normal
Punto de saturación de las fibras	-	%	28,263	Normal
Propiedades mecánicas				
Compresión paralela a la fibra	12 %	MPa	48,730	Media
Compresión normal a la fibra	12 %	MPa	21,129	Baja
Flexión estática	12 %	MPa	116,706	Baja
MOE Flexión estática	12 %	MPa	13673,477	Alta
Tenacidad	12 %	kgfm/cm ²	0,729	Med. resistente

TABLA 3
Resultados de las propiedades para la localidad de Placetas

Ensayos	Propiedades físicas			Clasificación
	Humedad	Expresión	Valor medio	
Densidad saturada	68	g/cm ³	0,993	Pesada
Densidad normal	12	g/cm ³	0,757	Pesada
Densidad seca horno	0	g/cm ³	0,654	Semipesada
Densidad básica	-	g/cm ³	0,589	Semipesada
Contracción volumétrica total	-	%	10,694	Contracción media
Contracción radial	-	%	5,695	Mediana
Contracción tangencial	-	%	4,184	Pequeña
Contracción longitudinal	-	%	0,815	Mediana
Relación T/R	-	%	0,735	Normal
Relación R/T	-	%	1,36	Normal
A. absoluta	-	%	1,511	Muy bajo
Coefficiente de contracción volumétrica	-	%	0,418	Med. nerviosa
Higroscopicidad	-	%	0,0048	Normal
Punto de saturación de las fibras	-	%	28,796	Normal
Propiedades mecánicas				
Compresión paralela a la fibra	12%	MPa	57,416	Media
Compresión normal a la fibra	12%	MPa	36,256	Baja
Flexión estática	12%	MPa	96,215	Baja
MOE F estática	12%	MPa	11695,186	Alta
Tenacidad	12%	kgfm/cm ²	0,859	Med. resistente

Tabla 4
Resultados de las propiedades para la localidad de Guisa

Ensayos	Propiedades físicas			Clasificación
	Humedad	Expresión	Valor medio	
Densidad saturada	57	g/cm ³	0,912	Pesada
Densidad normal	12	g/cm ³	0,736	Pesada

Densidad seca horno	0	g/cm ³	0,668	Semipesada
Densidad básica	-	g/cm ³	0,582	Semipesada
Contracción volumétrica total	-	%	14,281	Contracción media
Contracción radial	-	%	7,082	Mediana
Contracción tangencial	-	%	6,237	Pequeña
Contracción longitudinal	-	%	0,962	Mediana
Relación T/R			0,881	Normal
Relación R/T	-	%	1,135	Normal
A. absoluta		%	0,845	Muy baja
Coefficiente de contracción volumétrica	-	%	0,446	Med. nerviosa
Higroscopicidad	-	%	0,0041	Normal
Punto de saturación de las fibras	-	%	32,048	Normal
Propiedades mecánicas				
Compresión paralela a la fibra	12%	MPa	46,234	Media
Compresión normal a la fibra	12%	MPa	19,528	Baja
Flexión estática	12%	MPa	89,866	Baja
MOE Flexión estática	12%	MPa	12357,357	Alta
Tenacidad	12%	kgfm/cm ²	0,854	Med. resistente

TABLA 5
Resultados de las propiedades para la localidad de Viñales

Ensayos	Propiedades físicas			Clasificación
	Humedad	Expresión	Valor medio	
Densidad saturada	72	g/cm ³	0,892	Pesada
Densidad normal	12	g/cm ³	0,670	Pesada
Densidad seca horno	0	g/cm ³	0,588	Semipesada
Densidad básica	-	g/cm ³	0,518	Semipesada
Contracción volumétrica total	-	%	13,068	Contracción media
Contracción radial	-	%	5,533	Mediana
Contracción tangencial	-	%	6,303	Pequeña
Contracción longitudinal	-	%	1,232	Alta
Relación T/R		%	1,139	Normal
Relación R/T	-	%	0,877	Normal
A. absoluta		%	0,770	Muy baja
Coefficiente de contracción volumétrica	-	%	0,340	Poco nerviosa
Higroscopicidad	-	%	0,0044	Normal
Punto de saturación de las fibras	-	%	38,394	Elevado
Propiedades mecánicas				
Compresión paralela a la fibra	12%	MPa	49,194	Media
Compresión normal a la fibra	12%	MPa	21,850	Baja
Flexión estática	12%	MPa	81,031	Baja
MOE Flexión estática	12%	MPa	12264,412	Alta
Tenacidad	12%	kgfm/cm ²	0,624	Med. resistente

TABLA 6
Consolidado de las propiedades físicas y mecánicas

Ensayos	Propiedades físicas			Clasificación
	Humedad	Expresión	Valor medio	
Densidad saturada		g/cm ³	0,917	Pesada
Densidad normal	12	g/cm ³	0,712	Pesada
Densidad seca horno	0	g/cm ³	0,627	Semipesada
Densidad básica	-	g/cm ³	0,556	Semipesada
Contracción volumétrica total	V-SH	%	12,446	Media
Contracción radial	V-SH	%	6,145	Mediana
Contracción tangencial	V-SH	%	5,748	Pequeña
Contracción longitudinal	V-SH	%	0,932	Mediana
Relación T/R	-	%	0,935	Normal
Relación R/T	-	%	1,069	Normal
A. absoluta	V-SH	%	0,397	Muy baja

Coefficiente de contracción volumétrica	-	%	0,405	Med. nerviosa
Contracción radial	V-SA	%	2,365	Pequeña
Contracción tangencial	V-SA	%	2,404	Pequeña
Contracción longitudinal	V-SA	%	0,726	Mediana
A. absoluta	V-SA	%		
Higroscopicidad	-	%	0,0043	Normal
Punto de saturación de las fibras	-	%	31,874	Normal
Propiedades mecánicas				
Compresión paralela a la fibra	12%	MPa	50,393	Media
Compresión normal a la fibra	12%	MPa	24,690	Baja
Flexión estática	12%	MPa	95,904	Baja
MOE Flexión estática	12%	MPa	12497,608	Alta
Tenacidad	12%	kgfm/cm ²	0,788	Med. resistente

TABLA 7
Análisis de varianza para las propiedades físicas

Localidad	Variables de propiedades físicas				
	D. saturada	D. normal	D. horno	D. básica	Contracción
Viñales	0,88 (±0,020) a	0,66 (±0,030) a	0,60 (±0,032) a	0,54 (±0,087) a	10,70 (±0,609) ab
Itabo	0,99 (±0,058) b	0,72 (±0,032) a	0,65 (±0,029) a	0,59 (±0,025) a	11,71 (±0,550) a
Placetas	0,90 (±0,020) a	0,68 (±0,030) a	0,63 (±0,032) a	0,55 (±0,087) a	13,14 (±0,550) c
Guisa	0,89 (±0,020) a	0,65 (±0,030) a	0,59 (±0,032) a	0,52 (±0,087) a	14,29 (±0,550) bc

De acuerdo con la Norma UNE 56-540-78 (1978), las contracciones desde verde o saturada hasta seca al horno, se clasifica como sigue. La volumétrica total se clasifica como media, con un valor promedio del 12,5 %, la tangencial pequeña con el 5,25 %, inferior a la contracción radial con 6,14 % categorizada como mediana. La contracción longitudinal se comportó inferior a las anteriores con 0,97 %, y una anisotropía en diferencia absoluta del 0,89 % (Tabla 6). Este comportamiento es muy diferente cuando se analiza la madera de las especies coníferas y latifolias, en que según Kolman (1959), esta

tiene un carácter anisotrópico, y que las contracciones tangenciales son superiores a las radiales, y estas a su vez superior a las longitudinales, considerándose esta última por varios autores como despreciable. Los valores de las contracciones hasta el 12 % de humedad se comportaron como promedio el 2,365 % la radial y el 2,404 % la tangencial, coincidente con lo planteado por Kinnimonth (1979), citado por la FAO (1986), que apunta que las contracciones laterales en el cocotero en cualquier dirección es de menos del 3 % cuando se seca hasta la humedad del 12 %.

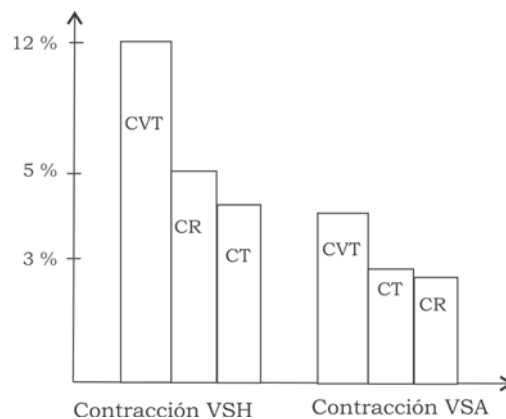


Figura 3. Comportamiento de las contracciones en la palma real.

Los parámetros que define la estabilidad de una madera es la razón entre la contracción tangencial y radial, conocido también como índice de anisotropía, que indica que cuando el valor está lo más cercano a uno la tendencia a la deformación, es baja; sin embargo, mientras mayor sea este coeficiente la probabilidad que ocurra una distorsión o deformación producto del cambio de humedad en el proceso de secado aumentará significativamente.

En el presente trabajo se analizó la anisotropía de dos formas, la T/R y R/T con 0,876 y 1,209, respectivamente. En ambos casos las relaciones se acercan a uno, lo que muestra una muy baja tendencia a la deformación y una alta estabilidad dimensional. Considerando que el secado se lleva hasta la humedad de equilibrio higroscópico y que al analizar las contracciones hasta este punto prácticamente son similares, entonces unido a una madera sin defectos podría considerarse que el secado se realiza uniforme. En correspondencia con este resultado, Kinnimonth (1979), citado por la FAO (1986), señala que en la madera del *Cocus nucifera* L. (coco) no hay una diferenciación entre estas contracciones, sino que la materia se seca uniformemente sin deformaciones transversales.

Este resultado debe su comportamiento a que la disposición de las fibras en este tipo de especies. Según Kolman (1959), la disposición y actividad de las células de las palmeras y herbáceas arborescentes es completamente diferentes a la de las frondosas y coníferas. El crecimiento en espesor no tiene su origen en el *cambium*, sino

que es una consecuencia del ensanchamiento y aumento del tejido básico parenquimatoso. Los haces de vasos situados, por regla general en medio de gruesas capas de esclerénquima y esparcidos irregularmente, son abundantes en la periferia. El coeficiente de contracción volumétrica de la especie fue de 0,41, clasificándose como una madera poco nerviosa. Todas estas propiedades la clasifican como una madera de muy bajo riesgo a la deformación. La higroscopicidad y el punto de saturación de las fibras fueron evaluados como normales.

En cuanto a las propiedades mecánicas, la compresión paralela a las fibras tuvo un valor de 50,393 Mpa que duplica a la perpendicular a las fibras, que alcanzó 24,690 Mpa. De acuerdo con Sotomayor (2002), la primera se clasifica como media y la segunda como alta. La resistencia a la flexión estática alcanzó un valor de 95,9 Mpa, mientras su módulo de elasticidad llegó a 12 497 608 Mpa. La flexión dinámica se clasifica como media 0,788 kgfm/cm². (Tabla 6). Los resultados aquí expuestos revelan al igual que la madera de especies coníferas y latifolia, una relación muy directa entre la densidad y la resistencia mecánica, pues el resultado de la densidad normal en la localidad de Itabo fue el más alto en comparación con el resto, en tanto lo fue también su comportamiento mecánico.

El análisis de varianza realizado entre las localidades demuestra la existencia de diferencias estadísticamente significativas para la compresión normal a las fibras y la flexión dinámica (Tabla 8).

TABLA 8
Análisis de varianza para las propiedades mecánicas

Localidad	Variables de propiedades mecánicas			
	CNF	CPF	FE	FD
Viñales	19,84 (±3,016) a	48,11 (±6,125) a	112,85 (±17,9) a	0,74 (±0,078) a
Itabo	34,93 (±3,016) b	55,45 (±6,125) a	92,64 (±15,71) a	0,85 (±0,078) b
Placetas	18,90 (±3,016) a	46,62 (±6,125) a	92,85 (±16,36) a	0,85 (±0,078) b
Guisa	22,80 (±3,016) a	49,19 (±6,125) a	81,03 (±16,36) a	0,59 (±0,078) a

Los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de la palma real demuestran que la especie puede tener varios usos, entre los que se encuentran madera para entablar, revestimientos, muebles tradicionales, entre otros. Los usos de la especie pudieran ser mayores si se aprovechara el

grosor de la tabla o tea, que es variable en toda la sección del tronco, oscilando entre 2 y 5 cm. Aprovechando el grosor de algunas tablas se elaboró mangos de herramientas (Fig. 3), para lo cual es de especial calidad, coincidiendo con el resultado de la flexión dinámica que es medianamente resistente.

La FAO (1986) apunta sobre la madera de la palma del coco, que las fibras entrecruzadas la hacen ideal para la fabricación de mangos de herramientas de formas complicadas. Su resistencia aumenta la capacidad de absorción de los impactos en los martillos y hachas.



Figura 4. Cabo de herramienta elaborado de palma real.

A pesar de que no fue objetivo del estudio profundizar en las propiedades tecnológicas, se debe señalar que durante la preparación de las probetas para ensayos físicos y mecánicos se comprobó su marcada resistencia al corte, cuestión que corrobora las experiencias prácticas en la década de los setenta, que no posibilitaron su uso extensivo atendiendo a limitaciones de los útiles de corte existentes en ese momento. Actualmente la calidad de los aceros y las tecnologías de maquinado permiten predecir la no existencia de dificultades para su procesado.

Igualmente se debe hacer alusión a la buena calidad de su pulido, disposición de las fibras, moldurado, barnizado y resistencia al uso de colas a partir de diferentes muebles elaborados con esta madera cuando el Instituto de Investigaciones Agro-Forestales fue creado en 1969.

CONCLUSIONES

- La densidad normal de la especie es de $0,712 \text{ g/cm}^3$ como promedio, y la básica de $0,556 \text{ g/cm}^3$, lo cual la definen como una madera pesada en el primer caso y como semipesada en el segundo.
 - Las contracciones de la madera se manifiestan dentro de lo normal; sin embargo, la radial resultó ser superior a la tangencial, aspecto que la clasifica como estable y sin deformaciones en el secado.
 - La flexión estática alcanzó un valor de $95,9 \text{ Mpa}$, mientras su módulo de elasticidad llegó a $12\,497\,608 \text{ Mpa}$. La flexión dinámica se clasifica como media $0,788 \text{ kgfm/cm}^2$.
 - Los valores de las propiedades físicas y mecánicas confirman los usos tradicionales de la madera de la palma real y posibilitan ampliar su rango de empleo a la industria de la segunda transformación en la fabricación de muebles finos, estantes con variados objetivos, revestimientos de paredes y techos, carpintería para interiores de barcos.
- Como medio de precisar aspectos tecnológicos en su procesamiento, deben realizarse los estudios correspondientes a su manejo como materia prima por la industria del aserrado y definir los esquemas de corte, como medio de entregar un producto con las características adecuadas a la industria de la segunda transformación.
 - Realizar los estudios de la anatomía del leño de la especie con el objetivo de conocer el comportamiento de su estructura interna.

BIBLIOGRAFÍA

- American Society for testing and Materials*. 1955. Paint, Naval store, Cellulose, Wax, Polish, Wood, Acoustical Materials, Sandwich and Building Construction, Fire tests. Part 4. Philadelphia. 1983 p.
- Cook, O.F 1901. A Synopsis of the palms of Puerto Rico. Bulletin of Torrey Botanical Club (PR). 28: 528-569.
- Duarte Leyva, A. 2001. Cuba y sus palmas. La Habana. Editorial Gente Nueva. 73 p
- FAO. 1986. La madera del coco. Elaboración y Aprovechamiento. Estudios FAO Montes nº 57. ISBN 92-5-302253-1. 53 p
- Henry, P.P. Modelo matemático para la determinación del módulo de la elasticidad. Inédito.
- Ibáñez, A. 2002. Propiedades y usos de 50 especies maderables que crecen en Cuba. PREMIO ACADEMIA 2001.
- InfoStat (2008). InfoStat, versión 2008. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Jonh F. Francis 1992 Roystonea borinqueña. Palma real de Puerto Rico. SO-ITF-SM-55. New Orleans, LA: US Department of agricultura, Forest Service, Southern. Forest Experiment Station. 5 p.
- Kolman, F.1959. Tecnología y aplicaciones de la madera. Instituto de Investigaciones y Experiencias en servicio de la madera Gráficas Reunidas, S.A. Madrid, t. 1., 673 p.
- NC 43-27: 87. Propiedades físico mecánicas. Toma de muestras. Vigente abril 1987.
- NF-B51-009. Flexión Dinámica. Método de Ensayo.
- NF-B51-010. Tracción Perpendicular a la Fibra. Método de Ensayo.
- Normas ISO -----1975. Draft International Standard. ISO 3133, ISO 3137.
- Nuñes, A. 2008. Etnobotánica sobre el cogollo de la palma real de los bosques cubanos. Revista Forestal Baracoa (CU) 27(1): 21-29.
- Sallénave, P. 1954. Propietes Physiques et Mecaniques des Bois tropicaux de L'Unio Francaise. Centre Technique. Forestier Tropical. Nugent-Sur-Marne, Francia

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. Vigente abril 1978.

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. Ha participado en eventos nacionales e internacionales.

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

Patentes

- Uso de bioestimulantes en la resinosis inducida.

Otras ofertas

- Turismo científico.
- Posturas forestales y frutales.
- Literatura científica y materiales informativos.
- Semillas forestales.
- Aceite trementina, colofonia.