

CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BAMBU *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & P. M. Peterson NATIVO DE EL-DORADO, PROVINCIA DE MISIONES

CHARACTERIZATION OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & P. M. Peterson ELDORADO NATIVE BAMBOO, PROVINCE OF MISIONES

Fecha de Recepción: 03/11/2019 // Fecha de Aceptación: 17/12/2019

Teresa María Suirezs

Mgter. Ingeniera Forestal. Docente de la Facultad de Ciencias forestales- UNaM- IMAM. Eldorado-Misiones-Argentina. teresuirezs@hotmail.com

Ramón Alejandro Friedl

Mgter. Ingeniero Forestal. Docente de la Facultad de Ciencias forestales-UNaM, FCF, Bertoni 124, Eldorado, Misiones, Argentina. afriedl@facfor.unam.edu.ar

Ignacio Gutiérrez

Estudiante de Ingeniería en Industrias de la Madera, FCF-UNAM. Eldorado-Misiones-Argentina. ignacioguti@gmail.com

Christian Bulman Hartkopf

Ingeniero Forestal. UNaM, FCF, Bertoni 124, Eldorado, Misiones, Argentina. bulman_c@hotmail.com

Adelaida Bragaño

Ingeniera en Industrias de la Madera. Docente de la Facultad de Ciencias Forestales- UNaM. IMAM. Eldorado-Misiones-Argentina. abeyi33@hotmail.com

Daniel Videla

Julio Cesar Bernio

María Angélica Aguilera

Ingeniero Forestal. Docente de la Facultad de Ciencias Forestales- UNaM. Eldorado-Misiones-Argentina. dangalaret@gmail.com; jbernio@arnet.com.ar; mangelica713@hotmail.com

RESUMEN

En la provincia de Misiones existen un gran número de especies nativas y exóticas de bambúes leñosos, que presentan potencialidades económicas trascendentes, pero son escasos los estudios realizados sobre las características tecnológicas de los mismos, por lo tanto se ha planteado en este trabajo como objetivo general, evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la especie *Guadua chacoensis* de la zona oeste de Eldorado, Misiones, Argentina. Se seleccionaron al azar seis culmos maduros del bambú que se dejaron estacionados en forma vertical en el laboratorio de tecnología de la madera hasta lograr su secado natural con un promedio del contenido de humedad del 18%. Luego se realizaron las probetas para los ensayos, según lo establecido en la Norma ISO 22157-1. Para estudiar las propiedades físicas se utilizó balanza con precisión de 0,01 miligramos, estufas de secado, calibre con precisión de 0,01 mm. y para determinar flexión estática, una máquina universal de ensayos, con capacidad de 300 kN. Los valores medios de las propiedades estudiadas se compararon con los valores de la misma u otras especies obtenidos por otros investigadores observando similitud. Por lo que se puede sugerir que este material leñoso sería adecuado para varias aplicaciones, construcción de tableros, pisos, uso estructural.

Palabras clave: Bambuseae, contracción e hinchamiento, pesos específicos, flexión estática

SUMMARY

In the province of Misiones there are a large number of native and exotic species of woody bamboo, which have significant economic potential, but few studies have been carried out on their technological characteristics, therefore, the general objective of the present work is to evaluate the physical and mechanical properties of the *Guadua chacoensis* species from the western zone of Eldorado, Misiones, Argentina. Six mature bamboo culms were randomly selected and seasoned, vertically, in the wood technology laboratory until naturally drying with an average moisture content of 18%. Then the test specimens were made for the tests, according to what is established in the ISO 22157-1 Standard. To study the physical properties, a balance with an accuracy of 0.01 milligrams, drying stoves, and a gauge with an accuracy of 0.01 mm were used; and to determine static bending, a universal testing machine with a capacity of 300 kN was used. The mean values of the studied properties were compared with the values of the same or other species obtained by other researchers observing similarity. So it can be suggested that this woody material would be suitable for various applications such as board construction, flooring and structural use.

Key words: Bambuseae, contraction and swelling, specific weights, static flexion

INTRODUCCIÓN

Misiones es la provincia Argentina con mayor desarrollo del sector foresto-industrial, donde se pueden encontrar varias especies nativas y exóticas de bambúes leñosos con potencialidades de diferentes usos y económicas. La actual importancia de trabajar con nuevos materiales renovables se presenta como un espacio de relevancia para generar un estudio de las propiedades físicas y mecánicas de esta especie a fin de poder, con mayor conocimiento orientar y allanar nuevos caminos de expansión económica y productiva.

LIZARAZU (2013) reconoce 18 taxones leñosos que pertenecen a los géneros nativos y 12 de géneros exóticos, que habitan en el noreste argentino y zonas limítrofes.

El bambú *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & P. M. Peterson conocido como tacuara o tacuaruzú, presentan culmos de 10 a 20 m de alto, cañas huecas de 8 a 15 cm de diámetro, los entrenudos en estadios juveniles son surcados y cilíndrico a la madurez, crece en bosques en galería. Se distribuye en Bolivia, Paraguay, Uruguay, Brasil y Argentina (LIZARAZU, 2013).

Las bambuseas leñosos son consideradas como un material de gran riqueza y con un gran potencial económico, dada su alta tasa de crecimiento, capacidad de reconstitución de suelos, control de erosión y las múltiples aplicaciones que originan como ser las fibras textiles, papel de excelente calidad, producción de chapas, tableros, productos compuestos (DEMONARI, 2009).

THOMAE *et al.*, (2008) propone utilizar la *Guadua chacoensis* en forma maciza para componer productos estructurales y establece que la sustentabilidad de la *Guadua* se garantiza en la posibilidad de su aprovechamiento ininterrumpido, causando la menor alteración del ecosistema a través de “podas” periódicas y de esta manera se estarían aprovechando toneladas de material de buena calidad que hasta el presente se deterioran y se pierden descomponiéndose en los montes misioneros, por desconocimiento de sus cualidades.

MARTÍNEZ (2010) ha realizado un análisis de la cadena productiva del bambú en la Argentina, definiendo como un producto forestal no maderable y sus potencialidades son en gran parte desconocidas en nuestro país, a pesar de la larga experiencia de China en materia de transformación y venta de productos de bambú o de países como Colombia y Ecuador. La provincia de Misiones, lugar de desarrollo del sector foresto-industrial por excelencia, alberga un número importante de especies nativas y exóticas de bambúes leñosos presentando potencialidades económicas trascendentes.

APONTE (2016) al estudiar las propiedades de la *Guadua angustifolia* Kunth de Colombia obtuvo una densidad básica de 620,41 kg/m³, módulo de rotura 55,29 MPa y módulo de elasticidad 12560,27 MPa a la flexión estática.

LINDHOLM y PALM (2007) investigaron las propiedades mecánicas de *Guadua chacoensis* de Colombia, presentan valores promedios de 12642 MPa para módulo de elasticidad y 19 MPa para el módulo de rotura a la flexión estática, además describen que los valores de peso específico aparente de esta especie se encuentran entre los 0,500 y 0,900 g/cm³.

ORDÓÑEZ y BÁRCENAS (2014), estudiaron algunas propiedades de tres *Guadua* mexicanas con el fin de evaluar sus posibilidades en usos estructurales. Los valores obtenidos pudieron establecer a estas especies como factibles técnicamente de ser utilizadas en la construcción. Entre las especies estudiadas se encuentra la *Guadua velutina*, de la que obtuvieron los siguientes valores promedios de la base del culmo: contenido de humedad 17%, densidad básica 0,418 gr/cm³, para flexión estática el módulo de rotura fue de 72,2 MPa y el módulo de elasticidad de 14,8 GPa (14800 MPa).

LUNA *et al.*, (2014) determinaron valores de propiedades mecánicas de la *Guadua angustifolia* con el fin de generar parámetros que sirvan a la industria de la construcción, ya que es una especie muy utilizada en la construcción en países de Centroamérica. Los valores de resistencia que obtuvieron fueron: Módulo de rotura a la flexión 37,4 MPa, al Corte 3,5 MPa, Compresión paralela 20,3 MPa, Tracción paralela 40,7 MPa y Compresión perpendicular 1,7 MPa.

HERNÁNDEZ (2018) al determinar las propiedades de la especie *Bambusa oldhamii* de México encontró un valor medio del módulo de rotura de 778 kg/cm² y para módulo de elasticidad de 188730 kg/cm².

HERNÁNDEZ *et al.*, (2015) estudiaron las propiedades físico-mecánicas de la *Guadua aculeata* de México, obteniendo valores promedio de contracciones totales de 13,9 % en espesor de pared y 0,1 % en la longitud.

LUNA *et al.*, (2011), realizaron una metodología de diseño de estructuras para el material de *Guadua angustifolia* por el método de los esfuerzos admisibles y presentan como valor característico del módulo de rotura a la flexión estática 37,4 MPa y valores de esfuerzo admisible tales como 8,3 MPa para carga muerta; 10,4 MPa para carga muerta más carga viva y 12,5 MPa para carga muerta más carga viva más carga de viento o sismo y 13900 MPa para módulo de elasticidad a la flexión estática.

El reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. (1997). Asiente como esfuerzo admisible para módulo de rotura 15 MPa y módulo de elasticidad de 9500 MPa a la flexión estática para *Guadua angustifolia* Kunth.

Se planteo como objetivo general evaluar algunas propiedades físicas y una propiedad mecánica de la especie *Guadua chacoensis*, de la provincia de Misiones, considerando la hipótesis, que los culmos de la especie bajo estudio presenta características físicas y mecánicas aptas para ciertas aplicaciones estructurales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realiza con material obtenido a partir de bambusales nativos no manejados de *G. chacoensis*, de la zona oeste de la ciudad de Eldorado, ubicada al noroeste de la provincia de Misiones, Argentina. Los suelos de la zona son en su mayoría los denominados “tierra colorada” descrito por la Compañía Argentina de Relevamientos Topográficos y Aerofotogramétricos (C.A.R.T.A), la temperatura media anual registrada fue de 21,4°C, media máxima

de 32,9°C en enero y medias mínimas de 10,8°C, con heladas entre mayo y agosto.

Recorriendo la zona, una vez ubicados los bambusales, se identificó la especie en base a caracteres morfológicos, se observó y describió las características del mismo.

Para este estudio de dichos bambusales, se seleccionaron al azar culmos maduros, se registraron los diámetros, alturas y estado de los tallos antes de talar, luego fueron dejados en su misma mata durante veinte días, con el fin de lograr una estabilización natural en su lugar de origen. Posteriormente se trasladaron los culmos a la Facultad de Ciencias Forestales, UNaM, para el secado y acondicionamiento bajo cubierta. Lograda la humedad de equilibrio de aproximadamente 18%. La preparación de las probetas y los ensayos se realizaron según las pautas establecidas en la norma técnica ISO 22157-1:2004. Para estudiar los pesos específicos aparentes se utilizaron 36 probetas, contracción y coeficiente de contracción entre 28 y 36 respectivamente y para flexión estática 12 probetas.

Para realizar los ensayos físicos se utilizaron los siguientes elementos de trabajo: balanza Mettler, con precisión de 0,01 miligramos, estufas de secado con termostato para regular temperaturas de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, calibre con precisión de medidas de 0,01 mm, desecadores y cubetas. Los ensayos de flexión estática se realizaron con una máquina universal de ensayos electromecánica, con capacidad de 300 kN y precisión de 3 kN. Imagen 1. La misma cuenta con un programa de donde se toman los datos del ensayo.

El análisis de los datos obtenidos, se realizó empleando una planilla de cálculo, determinándose los valores mínimos, máximos y promedios para verificar si los resultados observados responden a los valores requeridos para ciertos usos.



Imagen 1. Máquina universal de ensayo con probeta de bambú para de flexión estática

Image 1. Universal testing machine with bamboo sample for static bending

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los valores promedios de los pesos específicos aparentes, contenido de humedad, valores mínimos, máximos, variancia, desvío estándar, coeficiente de variación y tamaño de muestra del bambú *Guadua chacoensis*.

El valor del peso específico aparente estacionado de esta especie es superior a la *G. velutina* obtenida por ORDOÑEZ Y BÁRCENAS, 2014, a la *Guadua angustifolia* Kunth de Colombia estudiada por Aponte, 2016 y se encuentra entre los valores 0,500 y 0,900 g/cm³ presentados por LINDHOLM y PALM (2007) para la *Guadua chacoensis* de Colombia.

En la tabla 2 se observan los comportamientos de la *G. chacoensis* en cuanto a su estabilidad dimensional en la longitud de la caña y en el espesor de la pared, además se presenta el coeficiente de contracción en el espesor de la pared, valores mínimos, máximos, variancia, desvío estándar, coeficiente de variación y tamaño de muestra.

Comparando con la *Guadua aculeata* estudiada por HERNÁNDEZ *et al.*, 2015, la contracción en el espesor de pared de la especie bajo estudio es menor, en cambio en la dirección longitudinal es mayor.

En la tabla 3 se presentan los valores promedios del módulo de elasticidad y módulo de rotura a la flexión estática, valores mínimos, máximos, variancia, desvío estándar, coeficiente de variación y tamaño de muestra. El valor medio del contenido de humedad de las probetas ensayadas fue de 17,17%.

Los valores de módulo de elasticidad y rotura a la flexión estática obtenidos en este estudio son mayores que los obtenidos por LINDHOLM y PALM (2007) para la *Guadua chacoensis* de Bolivia. Comparando con los valores de *Guadua angustifolia* logrados por APONTE 2016 y LUNA *et al.*, 2014 y 2011 se observa que los culmos de la *Guadua chacoensis* estudiada en este trabajo arrojó valores superiores. Como así también supera los valores de MOE y MOR de la *Guadua velutina*, ORDOÑEZ y PAZOS BÁRCENAS 2014. HERNÁNDEZ (2018) obtuvo valores de módulo de elasticidad y rotura a la flexión estática superiores en la *Bambusa oldhamii* de México.

Tabla 1. Valores de pesos específicos aparentes y contenidos de humedad.

Table 1. Values for specific apparent weights and moisture content.

Estadísticos	Propiedades estudiadas				
	PEE g/cm ³	PEB g/cm ³	PEA g/cm ³	PES g/cm ³	CH %
Mínimo	0,545	0,397	0,454	0,809	11,98
Máximo	0,825	0,659	0,865	1,098	38,32
Promedio	0,697	0,536	0,615	0,966	17,17
Variancia	0,006	0,004	0,007	0,005	40,66
Desvío estándar	0,079	0,065	0,083	0,067	6,38
Coef. de variación	11,39	12,08	13,45	6,97	37,14
n	36	36	36	36	36

PEE: peso específico aparente estacionado. PEB: peso específico aparente básico. PEA: peso específico aparente anhidro. PES: peso específico saturado. CH: Contenido de humedad. n: repeticiones. n: tamaño de muestra.

Tabla 2. Valores de contracción total longitudinal, espesor de pared y coeficiente de contracción de espesor de pared.

Table 2. Total longitudinal shrinkage, wall thickness and wall thickness shrinkage coefficient values.

	CT Long %	CT ep %	CC ep
Mínimo	0,06	2,96	0,01
Máximo	0,35	15,18	0,35
Promedio	0,18	7,96	0,12
Variancia	0,01	12,73	0,01
Desvío estándar	0,07	3,57	0,08
Coef. de variación	39,9	44,8	68,0
n	36	32	28

CT long: Contracción total longitudinal. CTep: Contracción total del espesor de pared. CCep: coeficiente de contracción del espesor de pared. n: tamaño de muestra.

Tabla 3. Valores de módulo de elasticidad y módulo de rotura a la flexión estática.

Table 3. Modulus of elasticity and modulus of rupture to static deflection values.

	MOE N/mm ²	MOR N/mm
Mínimo	6866,6	38,8
Máximo	22387,4	112,8
Promedio	16117,9	76,8
Variancia	20867838,1	470,4
Desvío estándar	4568,1	21,7
Coef. de variación	28,3	28,3
n	12	12

MOE: Módulo de elasticidad. MOR: Módulo de rotura. n: tamaño de muestra.

CONCLUSIÓN

El peso específico aparente de la *Guadua chacoensis* corresponde a valores apropiados para varias aplicaciones entre ellas construcciones.

Los valores de contracción total en la dirección longitudinal y en el espesor de pared definen a este material con buena estabilidad dimensional.

Los módulos de elasticidad y de rotura a la flexión estática indican valores considerados como aptos para uso estructural, carpintería y fabricación de tableros para piso.

BIBLIOGRAFÍA

APONTE, A. F. G. 2016. Caracterización físico-mecánica de la *Guadua* en el municipio de Guaduas cundinamarca. Tesis maestría. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá Facultad de Artes Maestría en Construcción Bogotá D.C., Colombia.

DEMONARI, S. M. 2009. “Viverización de Tacuaruzu, *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & Peterson”. Integradora II (trabajo de graduación) de la Facultad de Ciencias Forestales, UNAM.

HERNÁNDEZ Zaragoza, I.; Ordoñez Candelaria, V. R.; Pazos Barcenás, G. M.; Borja de la Rosa, A. M.; Zamudio, F. J. 2015. Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (*Guadua aculeata*). Maderas. Ciencia y Tecnología 17(3): 505-516.

HERNÁNDEZ, J. Á. Tesis. 2018. Determinación de las propiedades mecánicas de la *Bambusa oldhamii*. Facultad de Arquitectura Universidad Veracruzana.

ISO 22157-1:2004. Bamboo- Determination of physical and mechanical properties.

LINDHOLM, M.; Palm S. 2007. “*Guadua chacoensis* in Bolivia -an investigation of mechanical properties of a bamboo species”. Master thesis. Department of Management and Engineering. Centre for Wood Technology & Design. Linköping University. LIU-IEI-TEK-A--07/00256—SE <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-10372>.

LIZARAZU, M. A. 2013. Bambúes leñosos (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae) del Noreste argentino y regiones limítrofes: estudios taxonómicos, morfológicos, anatómicos y biogeográficos. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Biblioteca Digital FCEN-UBA.

LUNA, P.; Lozano, J.; Takeuchi, C. 2014. Determinación experimental de valores característicos de resistencia para *Guadua angustifolia*. Publicado en la revista Maderas. Ciencia y tecnología 16(1):77-92, 2014. Universidad del Bío – Bío.

LUNA, P.; Takeuchi, C.; Granados, G.; Lamus, F.; Lozano, J. 2011. Metodología de diseño de estructuras en *Guadua angustifolia* como material estructural por el método de esfuerzos admisibles. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia). Revista Educación en Ingeniería. N° 11. Pp 67-75.

MARTÍNEZ, C. 2010. Análisis de la cadena productiva del bambú en Argentina. Trabajo final de grado, integradora II. Facultad de Cs. Forestales, UNAM.

ORDOÑEZ Candelaria, V. R.; Pazos Bárcenas, G. M. 2014. Propiedades físicas y mecánicas de tres especies de guadas mexicanas (*Guadua aculeata*, *Guadua amplexifolia* y *Guadua velutina*). Revista Madera y Bosques vol. 20, núm. 2: Pp. 111-125.

REGLAMENTO COLOMBIANO de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Ley 400. 1997. Título G- Estructuras de maderas y estructuras de *Guadua*. NSR-10. Capítulo G.12- Estructuras de *Guadua*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

THOMAE, A. M. C; Thomae, J. A; Tonn M. J.; Caro, M. E. 2008. Eldorado Bambú: Una propuesta innovadora para la fabricación de laminados de bambú. 13as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNAM - EEA Montecarlo, INTA.