

PROPIEDADES TECNOLOGICAS DE *Guadua trinii* (Nees) Nees ex Rupr. POACEAE DE LA PROVINCIA DE MISIONES

Christian Bulman Hartkopf

Ingeniero Forestal. FCF-UNaM. Eldorado-Misiones-Argentina. bulman_c@hotmail.

Ramón Alejandro Friedl

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

Teresa María Suirezs

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

Ignacio Martín Gutiérrez

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

Adelaida Bragaño

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

Julio Cesar Bernio

Ingeniero Forestal. FCF-UNaM. Eldorado-Misiones-Argentina. jbernio@arnet.com.ar

Daniel Videla

Ingeniero Forestal. FCF-UNaM. Eldorado-Misiones-Argentina. dandalaret@gmail.com

Hector Keller

Dr. Ingeniero Forestal. Docente de la Facultad de Ciencias Forestales - UNaM - Conicet. Eldorado-Misiones-Argentina. kellerhector@hotmail.com

TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF *Guadua trinii* (Nees) Nees ex Rupr. POACEAE FROM THE PROVINCE OF MISIONES

Fecha de Recepción: 09/12/2019 // Fecha de Aceptación: 28/12/2019

RESUMEN

Cada vez más se avanza con el uso de materiales renovables, el bambú es un material con estas características, además de su rápido crecimiento y considerando la escasez de conocimientos sobre las características tecnológicas de la especie *Guadua trinii* (Nees) Nees ex Rupr., se planteó como objetivo general estudiar sus propiedades físicas y mecánicas, para ello se ubicaron e identificaron las matas, luego se talaron al azar los culmos maduros que fueron dejados en su lugar de origen a fin de que se produzca la estabilización del material, transcurrida esta etapa se trasladaron los mismos al laboratorio de tecnología de la madera de la Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. Una vez que las muestras estuvieron secas, se elaboraron las probetas para estudiar las propiedades, siguiendo los requisitos de la norma ISO 22157-1. Los resultados obtenidos son comparables con otras especies de bambú, por lo que se puede concluir que el material leñoso de esta especie de bambú bajo estudio, podría usarse para varios usos e inclusive la construcción.

Palabras clave: Propiedades físicas; propiedades mecánicas; bambú; *Guadua*.

SUMMARY

More and more progress is made with the use of renewable materials and bamboo is a material with such characteristics. Beside its rapid growth and considering the shortage of knowledge on technological characteristics of the species *Guadua trinii* (Nees) Nees ex Rupr., the study of its physical and mechanical properties was raised as a general objective. For this, bushes were located and identified, then the mature culms that were left in their place of origin were randomly felled in order to stabilize the material, after this stage they were transferred to the wood technology laboratory of the Faculty of Forest Sciences, UNaM. Once the samples were dry, the probes were made to study the properties, following the requirements of ISO 22157-1. The results obtained are comparable with other bamboo species, so it can be concluded that the woody material of this bamboo species under study could be used for different purposes and even for construction.

Key words: Physical properties; mechanical properties; bamboo; *Guadua*

INTRODUCCIÓN

LIZARAZU (2013), en su estudio reconoce 10 especies nativas de bambúes leñosos del Nordeste argentino y 8 en regiones limítrofes, pertenecientes a los géneros *Chusquea*, *Guadua*, *Merostachys* y *Colanthe*.

En este trabajo nos enfocamos en la Tacuara brava *Guadua trinii* (Nees) Nees ex Rupr; especie nativa de la provincia de Misiones. Al tratarse de una Gramínea ésta se desarrolla a través de rizomas produciendo aglomerados denominados comúnmente como “matas” compuestas de cañas o culmos (DIMITRI, 1987), la distancia entre culmos está determinada por la naturaleza del rizoma en este caso es de tipo paquimorfo, esta característica produce matas bastante densas entre las cuales es difícil desplazarse.

Según LIZARAZU (2013) las matas poseen culmos huecos de 8 a 10 m de longitud, diámetros de 3 a 5 cm y 5 a 5 mm de espesor de pared. La superficie de los entrenudos tiene surcos, asperezas y rugosidades, los nudos con espinas rígidas y curvadas, a veces con ramificaciones de hasta 1 m de longitud. Está presente en el sur de Brasil, Uruguay y la Argentina, en nuestro país habita las provincias del NEA llegando hasta el Delta del Paraná extendiéndose por los bosques en galería. En Misiones crece en el interior de la selva y es común encontrarla en los afluentes del río Uruguay (PARODI, 1936).

En cuanto al uso tradicional se la emplea en la construcción de chozas y ranchos adhiriendo barro a entramados realizados con los culmos, el hecho de que tenga espinas y una superficie áspera ayuda a la adhesión del barro (BURKART, 1969; NICORA y RÚGOLO DE AGRASAR, 1987). Según KELLER (2008), las comunidades Mbya usan cañas de las especies pertenecientes al género *Guadua* para formar parte de la estructura del techo en construcciones como chozas y templos, cita particularmente a las especies *G. angustifolia* y *G. trinii* que utilizaban como viga transversal (denminado *akamby miri arygua*) para soportar un alero en parte más baja. Hoy en día el bambú tiene diferentes aplicaciones desde ornamentos y servicios ecosistémicos, productos alimenticios, productos sin industrialización para construcción de viviendas, muebles, cercos, artesanía y productos industrializados como ser laminados y pasta para papel (VILLANUEVA *et al.*, 2014). En cuanto a la mano de obra que puede generar, JANSEN (2000) calcula que 1 ha de bambú en la selva boliviana puede generar hasta 20 Tn/año de material para la cosecha, dando trabajo a 10 miembros de la comunidad.

En Colombia, donde los guaduales son manejados con podas y raleos para su aprovechamiento, se realiza tradicionalmente con machetes, el uso de serrucho también resulta factible. En la región de Misiones no se han registrado antecedentes de manejos silvícolas en guaduales.

Diferentes autores han generado antecedentes en investigación sobre propiedades físico-mecánicas en diferentes especies del género *Guadua* Kunth. HERNÁNDEZ *et al.*, (2015), obtuvo para *Guadua aculeata* valores de densidad básica que varían de 0,56 a 0,66 g/cm³ en forma ascendente en la caña. Las contracciones totales en el espesor fueron de 13,9 % y en longitud 0,1 %. El módulo de rotura a la flexión de 51,9 a 79,6 MPa y el módulo de elasticidad de 15.100 a 24.100 MPa.

ORDOÑEZ y BÁRCENAS (2014), estudiaron las propiedades físicas y mecánicas de tres especies de *Guadua* Kunth nativas mexicanas en condición verde; obteniendo los siguientes valores para *Guadua aculeata* Rupr. ex E. Fourn: Contenido de humedad 97 %, densidad básica 0,57 gr/cm³, MOR 71,7 MPa y MOE 16.700 MPa a la flexión estática. *Guadua amplexifolia* J. Presl: Contenido de humedad 127 %, densidad básica 0,48 gr/cm³, MOR 90 MPa y MOE 18.500 MPa a la flexión estática. *Guadua velutina* Londoño & L.G. Clark: Contenido de humedad 160 %, densidad básica 0,43 gr/cm³, MOR 82 MPa y MOE 17.400 MPa a la flexión estática.

LINDHLM y PALM (2007) obtuvieron para *Guadua chacoensis* (Rojas) LONDOÑO & P. M. PETERSON en Bolivia los módulos de elasticidad a la flexión estática promedio del tramo basal de 1,5 m MOE 10.365 MPa y del tramo siguiente de 1,5 m MOE 12.642 MPa y un MOR general de 19 MPa, con un peso específico aparente entre 0,5 y 0,9 gr/cm³.

TRUJILLO y SUNEINA (2016) determinaron para *Guadua angustifolia* Kunth un MOE de 17.204 MPa promedio a la flexión estática y una densidad básica de 0,67 gr/cm³ al 11,2 % de contenido de humedad.

LUNA *et al.*, (2011) determinaron los valores característicos, esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad para *G. angustifolia* en Colombia, para ser aplicado en la construcción bajo diferentes condiciones de carga (A: carga muerta, B: carga muerta + viva, C: carga muerta + viva + carga del viento o sismo), siendo el MOR característico 37,4 MPa y el MOR en A 8,3 MPa, en B 10,4 MPa y en C 12,5 MPa; el MOE promedio 13.900 MPa y el mínimo admisible 3.000 MPa; por otro lado, el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010) determina las características que deben tener los culmos de la especie *G. angustifolia* al 12% de contenido de humedad para ser utilizadas en la construcción: MOR admisible de 15 MPa, MOE promedio 9.500 MPa y MOE mínimo admisible 4.000 MPa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se seleccionaron al azar seis culmos maduros de *G. trinii*, en matas de origen natural en un predio privado de la zona oeste de Eldorado, Misiones, 26°26'44" S 54°38'41" O, 170 msnm; el clima de esta región es subtropical sin estación seca y lluvias más abundantes en los meses de invierno (1800 mm/año). Estas matas carecen de tratamiento o manejo y fueron encontradas en las zonas anegadas del sitio. Al tratarse de un guadual natural desconocemos la edad de los ejemplares. Los mismos fueron cortados con machete por encima del primer nudo y dejados en posición vertical por más de veinte días en su lugar de origen, a efectos de lograr su curado natural o avinagrado para evacuar el agua libre en campo y fermentar los azúcares, principal alimento de insectos fitófagos (VILLANUEVA *et al.*, 2014). Posteriormente los culmos fueron trasladados al laboratorio de Tecnología de la madera de la Facultad de Ciencias Forestales, IMAM, UNAM, para su secado y acondicionamiento bajo cubierta hasta un

contenido de humedad de 16 %. El diámetro promedio de los culmos cosechados fue de 45,36 mm. Luego se elaboraron las probetas para la determinación de pesos específicos aparentes, contracción total y flexión estática. La toma de muestras, obtención de probetas y ensayos de las propiedades se realizaron según lo descrito en la Norma ISO 22157-1:2004. Para estudiar los pesos específicos aparentes se utilizaron 29 probetas, contracción y coeficiente de contracción entre 25 y 26 respectivamente figura 1, y para flexión estática 10 probetas figura 2.

Los ensayos físicos fueron determinados utilizando 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. Los ensayos de flexión estática se realizaron con una máquina universal de ensayos electromecánica, con capacidad de 300 kN y precisión de 3 kN, esta 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, a través de la determinación de los valores mínimos, máximos, promedio, variancia, desvío estándar y el coeficiente de variación %.



Figura 1. Probetas de *Guadua trinii* para medición de densidad para ensayos de propiedades físicas.

Figure 1. *Guadua trinii* specimens for density measurement for physical property tests.



Figura 2. Probeta de *Guadua trinii* para ensayo de flexión estática.

Figure 2. *Guadua trinii* specimen for static bending test.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los valores mínimos, máximos, variancia, desvío estándar, coeficiente de variación y promedios de los pesos específicos aparentes y contenidos de humedad.

Tabla 1. Valores de pesos específicos aparente y contenido de humedad.

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

	PE g/cm ³	PB g/cm ³	PA g/cm ³	PS g/cm ³	CH %
MINIMO	0,665	0,489	0,557	0,920	14,249
MAXIMO	0,855	0,614	0,707	1,114	20,358
PROMEDIO	0,751	0,558	0,643	1,049	16,553
VAR	0,003	0,002	0,002	0,002	4,020
DESVEST	0,051	0,041	0,046	0,046	2,005
CV %	6,846	7,436	7,161	4,393	12,113
n	26	26	26	26	26

PEE: peso específico aparente estacionado, PEB: peso específico aparente básico, PES: Peso específico saturado, CH: Contenido de humedad, VAR: variancia, DESVEST: Desvío estándar, CV %: Coeficiente de variación porcentual, n: tamaño de la muestra.

Se puede observar que esta especie tiene un peso específico aparente estacionado promedio de 0,751 gr/cm³ al 16,5% de contenido humedad, superior al de las otras especies de *Guadua* referenciadas y se encuentra entre los valores 0,5 y 0,9 gr/cm³ descritos por LINDHLM & PALM (2007) para *G. chacoensis*.

Se presenta en la tabla 2 los valores de contracción total longitudinal, contracción total en el espesor de pared y el coeficiente de contracción del espesor de pared.

Tabla 2. Valores de contracción.

Table 2. Contraction values.

	CTL %	CTEP %	CCEP
MINIMO	0,01	5,71	0,32
MAXIMO	0,28	15,76	1,07
PROMEDIO	0,12	11,50	0,72
VAR	0,00	7,95	0,04
DESVEST	0,07	2,82	0,20
CV %	54,35	24,51	28,46
n	26	25	25

CTL: Contracción total longitudinal, CTEP: Contracción total de espesor de pared, CCEP: Coeficiente de contracción de espesor de pared, VAR: variancia, DESVEST: Desvío estándar, CV %: Coeficiente de variación porcentual, n: tamaño de la muestra.

Los valores de contracción total obtenidos para *G. trinii* son menores en el espesor de pared que los descritos por HERNÁNDEZ *et al.*, (2015) para *G. aculeata* y relativamente iguales en contracción longitudinal.

En la tabla 3 se detallan los resultados obtenidos a partir de los ensayos mecánicos de flexión estática, obtenidos con máquina universal electromecánica.

Tabla 3. Valores de módulos de elasticidad y rotura solicitados a esfuerzos de flexión estática.

Table 3. Values of elasticity and breakage modules requested for static bending stresses.

	MOE MPa	MOR MPa
MINIMO	14.101,07	90,48
MAXIMO	32.276,64	172,68
PROMEDIO	21.132,63	122,72
VAR	36.165.521,21	821,17
DESVEST	6.013,78	28,66
CV %	28,46	23,35
n	10	10

MOE: módulo de elasticidad a la flexión estática; **MOR:** módulo de rotura a la flexión estática, **VAR:** variancia, **DESVEST:** Desvío estándar, **CV %:** Coeficiente de variación porcentual, **n:** tamaño de la muestra.

La especie estudiada en este trabajo presenta un módulo de elasticidad promedio más alto que los obtenidos para las especies estudiadas por ORDOÑEZ y BÁRCENAS (2014), LINDHLM y PALM (2007), TRUJILLO y SUNEINA (2016); exceptuando *G. aculeata* con valores similares, de HERNÁNDEZ *et al.*, (2015), además posee un módulo de rotura superior a cualquiera de las especies citadas en este trabajo.

CONCLUSIÓN

Se concluye que la especie aquí tratada presenta valores, en cuanto a sus propiedades tecnológicas, son superiores a otras utilizadas en el rubro de la construcción como *G. chacoensis* y *G. angustifolia*.

Las contracciones totales longitudinal y espesor de pared indican valores de un material con poca variación dimensional.

Los módulos de rotura y elasticidad a la flexión estática representan valores adecuados para ser aplicados en carpintería, pisos y laminados.

BIBLIOGRAFÍA

BURKART, A. 1969. *Guadua*, pp. 32-35, en A. Burkart (ed), Gramíneas. Flora Ilustrada de Entre Ríos 6 (2): 1-551. Colección Científica del INTA, Buenos Aires.

DIMITRI M. J. 1987. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Tomo 1 Descripción de las plantas cultivadas. Editorial ACME S.A.C.I. (3). Buenos Aires. vol. 1. Pp. 116.

HERNÁNDEZ, Z. I.; Candelaria, V. R. O.; Pazos, G. M.; Borja, A. M.; Sánchez, F. J. 2015. Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (*Guadua aculeata*) Maderas: Ciencia y Tecnología 17 (3). pp 505-516

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

JANSSEN J.A., J. 2000. Design and building with bamboo. Technical report No. 20, INBAR. Technical University of Eindhoven. Eindhoven. Países Bajos. 211 p.

KELLER H. A. 2008. Las plantas usadas en la construcción y el acondicionamiento de las viviendas y templos guaraníes en Misiones, Argentina. Bonplandia 17(1): 65-81.

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. University of Linköping. 145 p.

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. 241 p.

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. Educación en Ingeniería N° 11. Pp. 66-75

NICORA, E. & Rúgolo de Agrasar, Z. E. 1987. Los géneros de Gramíneas de América Austral. Buenos Aires. Editorial Hemisferio Sur. 611 p.

NSR-10 (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente. Asociación colombiana de ingeniería sísmica. República de Colombia. 158 p.

ORDOÑEZ, V. R. & 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.

PARODI, L. R. 1936. Las Bambúseas Indígenas en la Mesopotamia Argentina. Revista Argentina de Agronomía. 3: pp. 229-305.

TRUJILLO D. & Suneina J. 2016. Grading of Bamboo. International Network for Bamboo and Rattan working paper 79. Editorial Coventry University. 49 p.

VILLANUEVA F. P.; Cándor J. P.; Alca A. M. 2014. Experiencias sobre la silvicultura y usos del bambú en Colombia. Xilema, Vol 14. pp .17-23.