

## **ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BAMBÚ (*Bambusa vulgaris*), DE TRES AÑOS DE EDAD Y PROVENIENTE DE LAS PLANTACIONES UBICADAS EN LA RIBERA DE LA MARGEN DERECHA DEL RIO CHAMA, MUNICIPIO FRANCISCO JAVIER PULGAR, ESTADO ZULIA, VENEZUELA.**

**Styles W. Valero; Elio Reyes; Wilver Contreras.\***

### **RESUMEN**

El presente trabajo pretendió lograr, en el contexto del sector forestal y de la construcción venezolano, difundir las principales fortalezas y debilidades que pueda presentar el bambú (*Bambusa vulgaris*) como material constructivo confiable y seguro estructuralmente. Para alcanzar este objetivo se lograron determinar sus propiedades físicas y mecánicas, entre otras: sus esfuerzos de diseño; su variación de espesor; su estabilidad dimensional; y su densidad en condición de humedad seca al aire. Así, al final de la línea de producción se podrán obtener productos de excelente calidad. Los resultados determinaron lo siguiente: su propiedad física de densidad, y sus propiedades mecánicas, en condición verde, respecto a su resistencia a la flexión en su módulo de ruptura y la resistencia a la compresión, fueron ligeramente superiores al de otras especies de *Bambusa sp*, por ejemplo, la especie *Phyllostachys bambusoides* de Carolina del Sur (Estados Unidos). En condición de humedad seca al aire, la resistencia a la flexión en el módulo de ruptura (MOR), la especie *Bambusa vulgaris*, dio valores ligeramente inferiores a la *Bambusa sp.*, estudiada en otros países. En su resistencia a la tracción, los ensayos arrojaron valores dos veces menores que las de otras especies de bambú. Por todo ello, se concluye que la especie de bambú (*Bambusa vulgaris*) proveniente del Sur del Lago de Maracaibo del estado Zulia, es un material lignocelulósico que puede ser utilizado con bastante confiabilidad por los ingenieros y arquitectos venezolanos, para la construcción de viviendas, edificaciones y muebles, considerándose previamente el proceso de conservación y secado a fin de garantizar, una vez puesto en servicio, una mayor vida útil.

**Palabras clave:** Bambú, propiedades, físicas, mecánicas, Sur del Lago de Maracaibo, Venezuela.

---

\* Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

## **STUDY OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE BAMBOO (*BAMBUSA VULGARIS*), OF THREE YEARS OF AGE AND COMING FROM THE LOCATED PLANTATIONS IN THE RIVERSIDE OF THE RIGHT RIVERBANK OF THE RIVER CHAMA, MUNICIPALITY FRANCISCO JAVIER THUMB, STATE ZULIA, VENEZUELA.**

**Styles W. Valero; Elio Reyes; Wilver Contreras.\***

### **SUMMARY**

The present work seeks to achieve, in the context of the forest sector and of the Venezuelan construction, to diffuse the main strengths and weaknesses that it can present the bamboo (*Bambusa vulgaris*) as reliable and sure constructive material structurally. To reach that objective they were possible to determine its physical and mechanical properties, among others: its design efforts; its variation of thickness; its dimensional stability; and its density in condition of dry humidity to the air. This way, at the end of the production line they will be able to obtain products of excellent quality. The results determined the following thing: its physical property of density, and its mechanical properties, in green condition, regarding the resistance to the flexion in their rupture module and the resistance to the compression, they went lightly superior to that of other species of *Bambusa* sp, for example, the species *Phyllostachys bambusoides* of South Carolina (United States). In condition of dry humidity to the air, the resistance to the flexion in the rupture module (MOR), the species *Bambusa vulgaris*, gave lightly inferior values to the *Bambusa* sp., studied in other countries. In the resistance to the traction for the studied species, the rehearsals threw values twice smaller than those of other bamboo species. For everything it, you concludes that the bamboo species (*Bambusa vulgaris*) coming from the South of the Lake of Maracaibo of the State Zulia, is a lignocelulosic material that can be used with enough dependability by the engineers and Venezuelan architects, for the construction of housings, constructions and furniture, being considered the conservation process and drying previously in order to guarantee, once position in service, a bigger useful life.

**Key words:** Bamboo, properties, physical, mechanical, South of the Lake of Maracaibo, Venezuela.

---

\* Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación se realizó con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas de la especie bambú (*Bambusa vulgaris*) (Figura 1), proveniente de las plantaciones establecidas en la ribera de la margen derecha del río Chama, Municipio Francisco Javier Pulgar del Estado Zulia. En los últimos años esta gramínea, junto con otra gramínea, la guadua (*Guadua angustifolia*), han tomado gran importancia en Venezuela y se han generado programas de pequeñas plantaciones para la protección de riveras de los ríos, de taludes, el embellecimiento del paisaje, como materia prima para la elaboración de productos artesanales, etcétera. El Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MANR), y otras instituciones gubernamentales como, COREBAMBÚ-Mérida, y algunas ONGs, son promotores de iniciativas más trascendentales desde el punto de vista social para el medio rural venezolano, especialmente en el desarrollo y promoción de plantaciones en algunos sectores del territorio nacional, de forma tal que de ellas se puedan generar suficiente materia prima para la construcción de viviendas, muebles y elaboración de juguetes, etcétera. Quizás el mayor logro de esta iniciativa, sean los posibles beneficios sociales que se pueden alcanzar en comunidades rurales con el establecimiento a mediano plazo de plantaciones forestales de éstas gramíneas.

Según Contreras *et al.* (2004), todo ello repercutiría en la generación de mejores condiciones de vida de sus habitantes, si se logra desarrollar sistemas de producción sostenibles, que con la debida capacitación en técnicas artesanales e industriales, se pueda llegar a elaborar componentes constructivos para la fabricación de viviendas y muebles. Eso sin mencionar la infinidad de objetos domésticos, juguetes, etcétera., que se necesitan para suplir las necesidades de hábitat y de confort de un gran porcentaje de familias venezolanas de menores recursos económicos, tanto del medio urbano, como rural.



**Figura 1.** Vista de una planta de bambú (*Bambusa vulgaris*). Fotografía: W. H. Hodge

Dada esa importancia que proyectan las gramíneas en el contexto nacional e internacional, se debe exponer que la especie de bambú (*Bambusa sp.*), al igual que la guadua, son plantas que ha tenido un gran uso, difusión e importancia en las culturas de los países asiáticos, entre otros, China, Japón, Corea y Vietnam. De manera similar en Latinoamérica, la República de Colombia, es el máximo exponente en la proyección de usos de la *Bambusa sp.*, especialmente las especies *Bambusa vulgaris* y *Guadua angustifolia*. Este país se proyecta al mundo con sus 28.000 hectáreas de guadua ubicadas en el Quindío, zona cafetalera del país, y de las cuales sólo se aprovecha el 5% con fines constructivos y paisajísticos (Londoño, 2001; Villegas, 2003; Fernández, 2004). Autores como Judziewicz (1999) y IAFU (2000), dicen que a estas gramíneas se le conocen por una infinidad de aplicaciones, que han evolucionado a través del tiempo de manera muy particular y según la cultura antropológica de cada uno de los pueblos. Farrelly (1984), expuso que con esta planta conocida como bambú, con su gran cantidad de géneros y especies se han podido elaborar desde edificaciones, muebles, comida, pulpa y papel e incontables artículos para usos domésticos, musicales, deportivos, etc.

En contexto de Venezuela, así como en muchos países, existe una gran confusión en la comunidad al considerar como iguales a las especies *Bambusa vulgaris* y *Guadua angustifolia*, resaltándose que son dos especies diferentes dentro de una misma familia, las gramíneas (Contreras *et al.*, 2002). En los últimos años la tecnología de los productos forestales ha redimensionado el uso artesanal de la *Bambusa vulgaris*, para la realización de productos de alta tecnología en la fabricación de componentes constructivos con fines estructurales y de cerramientos (paredes, techos y pisos) (Contreras, 2002). También se han desarrollado en los últimos años actividades de promoción y difusión para fomentar el establecimiento de plantaciones forestales de estas gramíneas, incluida la caña brava (*Gynerium sagittatum*), a fin de que sean aprovechadas para el desarrollo de infinidad de aplicaciones constructivas, elementos artesanales, productos medicinales y alimenticios.

Ya se ha expuesto la importante labor institucional del Ministerio del Ambiente y de Los Recursos Naturales (MARN), que por medio de la Dirección General del Recurso Forestal, creó en el año 2000 el Comité Regional del Bambú con sede en el estado Mérida, identificado como COREBAMBÚ. Por medio de este organismo en su papel de interconector institucional, se logra que participen de manera directa un gran número de instituciones gubernamentales, entre otros, la Universidad de Los Andes (ULA) y su Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF – ULA – MARN), La Compañía Nacional de Reforestación (CONARE), la Corporación de Los

Andes (CORPOANDES) y el Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA). Este comité asumió la responsabilidad de organizar toda una serie de actividades y eventos que van desde el I Seminario Internacional del Bambú 2001, (Mérida, Venezuela), así como talleres de capacitación en comunidades rurales a fin de establecer plantaciones y lograr constituir toda una dinámica de capacitación comunal para el desarrollo de cooperativas rurales, con el objetivo de que éstas sean productoras y comercializadoras, entre otras, de actividades de fabricación como: artesanías populares, elementos domésticos, juguetes, muebles, construcciones menores para viveros y paradas vehiculares. También se ha promovido la posible construcción de una vivienda modelo de forma que sirva como sede de COREBAMBÚ, y funja como una vitrina de exposición de las bondades de este noble material constructivo, la cual será ubicada en los alrededores del Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Mérida, estado Mérida

Todas las razones antes mencionadas, entre otras, justifican la importancia que tiene el desarrollo del presente proyecto de investigación. El mismo, en primera instancia, persigue determinar las propiedades físicas y mecánicas del bambú (*Bambusa vulgaris*), proveniente de la plantación establecida en el margen derecho del Río Chama, cercana a la población del Chivo del Municipio Francisco Javier Pulgar del Sur del Lago del Maracaibo, jurisdicción del estado Zulia.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS.

La metodología desarrollada en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú (*Bambusa vulgaris*), se basa en las consideraciones técnicas de las normas americanas ASTM y las normas alemanas DIN. La materia prima provenía de un sector de las 25 hectáreas de plantación de bambú de diferentes edades, siendo seleccionado un sector de la plantación con bambú de tres (3) años de edad.

De forma aleatoria se seleccionaron e identificaron en visita técnica a la plantación, cinco (05) cañas de bambú, las cuales fueron cortadas en periodo de menguante, siendo seccionadas a longitudes promedios de 10 metros. Una vez cortadas se le realizó un tratamiento de conservación de las cañas contra el ataque de agentes xilófagos y aplicación de pintura plástica en los extremos, a fin de evitar la pérdida de humedad en condición verde durante el traslado, a las instalaciones del Laboratorio de Ensayos y Laboratorio de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera del LNPF – ULA – MARN.

En la preparación de las probetas se utilizó la metodología expuesta por Lee *et al.* (1994). Las cañas de longitud con promedio de 10 metros, se cortaron en tres secciones de tres metros de largo cada una, las cuales fueron identificadas como A (sección basal), B (sección media), C (sección apical). Estas secciones se subdividieron en cuatro subsecciones de 36 centímetros de largo. Las subsecciones fueron a su vez subdivididas en dos medias cañas o media luna.

Para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas, cada uno de los ensayos fueron realizados siguiendo las estipulaciones de Hoheisel (1968) (Cuadro 1). Es de hacer notar que se procedió a realizar una modificación en las dimensiones de las probetas en razón de que las normas están diseñadas para la realización de probetas de madera en forma paralelepípeda. Además, y debido a la morfología cilíndrica que presentan las cañas de bambú, las probetas requeridas se obtuvieron en función a esta forma, es decir seccionadas las cañas en su plano transversal.

**Cuadro 1. DIMENSIONES DE PROBETAS Y NORMAS UTILIZADAS PARA LOS ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS.**

<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	<b>DIMENSION (cm) PROBETAS DE <i>Bambusa vulgaris</i></b>	<b>DIMENSION (cm) DE NORMAS DIN</b>	<b>NORMA</b>
Densidad	3,0x vp x10,0	3,0x3,0x10,0	DIN - 52182
Peso específico.	3,0x vp x10,0	3,0x3,0x10,0	DIN - 52182
Contenido de humedad	3,0x vp x10,0	3,0x3,0x10,0	DIN - 52182
Contracción radial y tangencial	3,0x vp x10,0	3,0x3,0x10,0	DIN - 52184
Contracción longitudinal.	3,0x vp x10,0	3,0x3,0x10,0	DIN - 52184
Contracción volumétrica.	3,0x vp x10,0	3,0x3,0x10,0	DIN - 52184
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>	<b>DIMENSION (cm) PROBETAS DE <i>Bambusa vulgaris</i></b>	<b>DIMENSION (cm) DE NORMAS ASTM</b>	<b>NORMA</b>
Flexión estática	2,54 x vp x 36	2,5x2,5x41,0	ASTM-D-143/246-252
Compresión perpendicular.	1,27 x vp x 5,0	5,0x5,0x15,0	ASTM-D-143/77-82
Tracción	2,54 x vp x 36	2,5 x vp x46	ASTM – D- 143 – 83

+vp: Dimensión promedio de las probetas de *Bambusa vulgaris* según condición, al momento del ensayo.

A continuación se exponen con mayor detalle cada una de las propiedades físicas y mecánicas que han sido evaluadas.

**a. Propiedades físicas:** Los ensayos fueron realizados en condición de humedad verde, seca al aire (12% C.H.) y seca al horno.

- *Densidad:* Densidad en condición de humedad verde ( $\rho_v$ ); Densidad en condición de humedad seca al aire ( $\rho_{sa}$ ); Densidad en condición de humedad seca al horno ( $\rho_{sh}$ ).
- *Peso específico básico* (Peb).
- *Contracciones:* Contracción radial ( $\beta_{rv-sa}$ ) y tangencial ( $\beta_{tv-sa}$ ) desde la condición de humedad verde a seca al aire; Contracción radial ( $\beta_{rv-sh}$ ) y tangencial ( $\beta_{tv-sh}$ ) desde la condición de humedad verde a seca al horno; Contracción longitudinal ( $\beta_{lv-sa}$ ) desde la condición de humedad verde a seca al aire; Contracción longitudinal ( $\beta_{lv-sh}$ ) desde la condición de humedad verde a seca al horno; Contracción volumétrica ( $\beta_{vv-sa}$ ) desde la condición de humedad verde a seca al aire; Contracción volumétrica ( $\beta_{vv-sh}$ ) desde la condición de humedad verde a seca al horno.
- *Relación contracción tangencial-radial:* desde la condición de humedad verde a seca al aire ( $\Gamma/Rv-sa$ ).
- *Relación contracción tangencial-radial:* desde la condición de humedad verde a seca al horno ( $\Gamma/Rv-sh$ ),

**b. Propiedades mecánicas:** Se realizaron los siguientes ensayos en la condición de humedad verde y seca al aire (12% C.H.):

- *Resistencia a la flexión estática:* Módulo de ruptura (MOR), en condición de humedad verde y seca al aire al 12% C.H.
- *Resistencia compresión perpendicular a la fibra* (CP), en condición de humedad verde y seca al 12 % C.H.
- *Resistencia a la tracción* ( $\Gamma$ ), en condición de humedad verde y seca al aire al 12 % C.H.

Los Cuadros 2, 3, 4 y 5, exponen los resúmenes obtenidos en cada uno de los valores que arrojaron las diferentes probetas extraídas de las cañas de bambú al ser sometidas a los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas. Los valores promedios hallados fueron comparados según lo establecido igualmente por Lee *et al.* (1994), para la especie de bambú (*Phyllostachys bambusoides*) de Carolina del Sur de los Estados Unidos.

### **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

Los Cuadros 2 y 3 muestran los valores promedios para cada una de las propiedades físicas y mecánicas ensayadas según las normas ASTM y DIN. A fin de validar los datos obtenidos, los mismos son comparados con los valores de las propiedades físicas y mecánicas del bambú (*Phyllostachys bambusoides*), expuestos en el Cuadro 4 y reportados por Lee *et al.* (1994).



**Cuadro 2. VALORES PROMEDIO OBTENIDOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS POR CADA UNA DE LAS SECCIONES DE LAS CAÑAS DE LA ESPECIE *BAMBUSA VULGARIS*.**

<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>														
<i>Sección</i>	$\rho_v$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_{sa}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_{sh}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Peb	$\beta_r$ v-sa (%)	$\beta_t$ v-sa (%)	$\beta_l$ v-sa (%)	$\beta_v$ v-sa (%)	T/R v-sa (%)	$\beta_r$ v-sh (%)	$\beta_t$ v-sh (%)	$\beta_l$ v-sh (%)	$\beta_v$ v-sh (%)	T/R v-sh (%)
<b>A</b> <b>(BASAL)</b>	0,844	0,684	0,654	0,600	4,870	4,174	0,158	9,202	0,883	7,374	6,136	0,294	13,805	0,704
<b>B</b> <b>(MEDIA)</b>	0,820	0,681	0,649	0,583	4,392	3,933	0,132	8,457	0,976	6,780	6,463	0,214	13,459	1,007
<b>C</b> <b>(APICAL)</b>	0,787	0,633	0,604	0,556	4,707	3,261	0,163	8,131	0,850	5,702	5,955	0,267	11,925	1,169
<b>Promedio</b>	0,817	0,666	0,636	0,579	4,657	3,789	0,151	8,597	0,903	6,619	6,184	0,258	13,063	0,960

Cuadro 3. **VALORES PROMEDIO OBTENIDOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS POR CADA UNA DE LAS SECCIONES DE LAS CAÑAS DE LA ESPECIE *BAMBUSA VULGARIS*.**

PROPIEDADES MECÁNICAS						
Sección	Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )		Compresión Perpendicular (kg/cm <sup>2</sup> )		Tracción (kg)	
	MOR-v	MOR-sa	CP-v	CP-sa	T-v	T-sa
<b>A (BASAL)</b>	1.135,74	1.389,29	489,42	685,87	428,41	534,61
<b>B (MEDIA)</b>	831,09	1.063,56	433,65	536,20	305,90	413,80
<b>C (APICAL)</b>	653,57	673,79	400,00	392,18	195,00	310,00
<b>Promedio</b>	873,46	1042,21	441,02	538,08	309,77	419,47

Al desarrollar la comparación de valores de los Cuadros 2 y 3 respecto a los valores presentados en el Cuadro 4, se puede apreciar que los resultados obtenidos para la especie *Bambusa vulgaris*, y en un contexto general del análisis de resultados, se determinó que los valores tanto de las propiedades físicas como mecánicas, tienen cierto grado de similitud, y en algunos casos se presenta que los valores de esta especie supera los valores encontrados por Lee *et al.* (1994). Se denota en el Cuadro 3 que los valores más altos en las propiedades mecánicas se producen, de manera descendente, desde la sección basal (A) de la caña, seguidos de la sección media (B) y sección apical (C). En este sentido, se recomienda que los elementos estructurales de una edificación, como las vigas, columnas y correas de techo, sean elaborados con mayor proporción de cañas provenientes del área basal.

A continuación se definen los análisis de las propiedades físicas y mecánicas según la condición de las probetas en estado verde y seca al aire.

### III.1. Propiedades físicas y mecánicas en condición verde.

Al comparar los valores de resistencia a la flexión en su modulo de ruptura (MOR), los valores obtenidos para la *Bambusa vulgaris* (Cuadros 2 y 3), son superiores para la condición de humedad verde que los de la especie *Phyllostachys bambusoides* (Cuadro 4).

Por otro lado, se definió que en la condición de humedad seca al aire, los valores obtenidos de la *Bambusa vulgaris* son ligeramente superiores a la otra especie de bambú comparada. Esta situación puede tener relación con el bajo contenido de humedad de las probetas secas al aire presente al momento de realizar el ensayo, coincidiendo con lo planteado por el JUNAC (1982), de que la madera, así como de todo material lignocelulósico con menor contenido de humedad, presentará mayores resistencias que otra pieza en condición verde.

Con respecto a la resistencia a la tracción se puede apreciar que los valores del *Phyllostachys bambusoides* (Cuadro 4), presenta valores que duplican a los obtenidos en *Bambusa vulgaris* (Cuadro 3). En este sentido, se debe tener especial atención a estos valores bajos obtenidos en los esfuerzos de diseño de la propiedad de resistencia a la atracción de la especie *Bambusa vulgaris*, al momento de que un profesional de la ingeniería civil, responsable del cálculo estructural de una vivienda u otra edificación, realice los cálculos estructurales de los elementos pórticos, ya que debe recomendar al arquitecto una redefinición eventual en el diseño de la estructura. De ahí que, para estar dentro de los mayores estándares de seguridad, se deba incrementar el número de cañas por viga principal, así como de las correas del techo e igualmente se debe utilizar mayor cantidad de tiras de bambú para el machihembrado o para columnas, como también es posible que se deban disminuir las luces entre los elementos estructurales.

Cuadro 4. VALORES PROMEDIO OBTENIDOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ESPECIE *BAMBUSA VULGARIS* PLANTADO EN VENEZUELA COMPARADAS CON LA ESPECIE *PHYLLOSTACHYS BAMBUSOIDES*.

PROPIEDADES FÍSICAS						
Especie	<i>Bambusa vulgaris</i>			<i>Phyllostachys bambusoides</i>		
Propiedad	Densidad Verde (g/cm <sup>3</sup> )			Densidad Verde (g/cm <sup>3</sup> )		
Sección	A	B	C	A	B	C
X =	0,844	0,820	0,787	0,418	0,402	0,386
Propiedad	Densidad Se4ca al Aire (g/cm <sup>3</sup> )			Densidad Se4ca al Aire (g/cm <sup>3</sup> )		
Sección	A	B	C	A	B	C
X =	0,684	0,681	0,633	0,538	0,532	0,532
Propiedad	Densidad Seca al Horno (g/cm <sup>3</sup> )			Densidad Seca al Horno (g/cm <sup>3</sup> )		
Sección	A	B	C	A	B	C
X =	0,653	0,649	0,604	-	-	-
Propiedad	Peso Específico Básico			Peso Específico Básico		
Sección	A	B	C	A	B	C
X =	0,600	0,582	0,555	0,494	0,488	0,464
PROPIEDADES MECANICAS						
	Flexión (MOR) verde (kg/cm <sup>2</sup> )			Flexión (MOR) verde (kg/cm <sup>2</sup> )		
Sección	A	B	C	A	B	C
X =	1.135,74	831,09	653,57	658,80	712,73	755,41
Propiedad	Flexión (MOR) seca al aire (kg/cm <sup>2</sup> )			Flexión (MOR) seca al aire (kg/cm <sup>2</sup> )		
Sección	A	B	C	A	B	C
X =	1.389,29	1.063,56	673,79	928,39	1.065,07	1141,18

<b>Propiedad</b>	Compresión Perpendicular verde (kg/cm <sup>2</sup> )			Compresión Perpendicular verde (kg/cm <sup>2</sup> )		
<b>Sección</b>	A	B	C	A	B	C
<b>X=</b>	489,42	433,65	400,00	288,20	317,87	344,87
<b>Propiedad</b>	Compresión Perpendicular seca al aire (kg/cm <sup>2</sup> )			Compresión Perpendicular seca al aire (kg/cm <sup>2</sup> )		
<b>Sección</b>	A	B	C	A	B	C
<b>X=</b>	685,87	536,20	392,18	366,61	443,00	480,18
<b>Propiedad</b>	Tracción verde (kg)			Tracción verde (kg)		
<b>Sección</b>	A	B	C	A	B	C
<b>X=</b>	428,41	305,90	195,00	955,44	1.044,67	1.075,11
<b>Propiedad</b>	Tracción seca al aire (kg)			Tracción seca al aire (kg)		
<b>Sección</b>	A	B	C	A	B	C
<b>X=</b>	534,61	413,80	310,00	1.129,58	1.205,27	1.336,19

Aunque Lee et al. (1994), expone en el Cuadro 5 los valores de los esfuerzos de diseño del pino *Pinus taeda*, y los compara en su trabajo, respecto a los valores de otras especies de bambú, en el presente trabajo los autores consideraron que no se deben hacer comparaciones con el bambú y madera sólida, en razón de que son materiales lignocelulósicos distintos en su estructura anatómica, morfológica y física. Además, se cometería un error de principios técnicos, ya que no sólo son materiales diferentes, sino que las dimensiones y formas de las probetas son completamente distintas.

Cuadro 5. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ESPECIE BAMBUSA VULGARIS PLANTADO EN VENEZUELA COMPARADAS CON LAS ESPECIES PHYLLOSTACHYS BAMBUSOIDES, PINUS TAEDA Y OTRAS ESPECIES DE BAMBUSA SP., SEGÚN LEE ET AL (1994).

Propiedad	Peso específico Básico	Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexión	
				MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )
<i>Especie</i>	Condición de humedad verde				
<i>Bambusa vulgaris</i> *	-	441,02	309,77	-	873,46
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	0,48	313,02	1.025,20	73.403,64	709,01
<i>Pinus taeda</i>	0,47	246,09	513,26	98.434,00	513,26
<i>Especie</i>	Condición de humedad seca al aire				
<i>Bambusa vulgaris</i> *	0,57	538,00	419,47	-	1.042,21
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	0,52	430,72	1.224,31	108.769,57	1.047,20
<i>Pinus taeda</i>	0,51	499,20	899,97	125.854,90	899,97
Otros					
<b><i>Bambusa sp.</i></b>	-	457,02 - 562,48	984,34 - 2.636,63	914.030,00 - 210.930,00	998,40 - 1.406,20

Los profesionales de la arquitectura e ingeniería civil, en trabajo multidisciplinario, deberán tener otros conceptos básicos al momento del desarrollo del Proyecto de Diseño de una edificación donde se haga uso del bambú (*Bambusa vulgaris*), y que para alcanzar el éxito futuro del mismo en el proceso de construcción, tienen que considerar los principios básicos de la lógica estructural a fin de evitar grandes deflexiones en usos como vigas o columnas, especialmente el diseño de los elementos en volado como los balcones, aleros de techos y corredores. Las alturas de la edificación deberán ser mayores a los estándares de una edificación construida con acero o concreto armado, los cuales tienen una altura promedio de 2,40 m. Se deben distanciar prudencialmente los pórticos, según lo permitan los espacios habitables y los costos, así como también, la ubicación de paneles, etc.

En el presente trabajo se despeja la incógnita que no sólo la gramínea de guadua (*Guadua angustifolia*) puede ser utilizada para la elaboración de elementos estructurales. La misma es conocida como el *acero vegetal* en la construcción de edificaciones. Contreras y Owen de Contreras (1997) y Prieto (2001), expresan que esta definición, es conocida y promocionada en el ámbito de los arquitectos e ingenieros latinoamericanos, como por ejemplo, por los maestros como Fruto Vivas en Venezuela o Simón Vélez en Colombia. Sin embargo, con esta investigación se logra vislumbrar un nuevo y mayor horizonte en la proyección de usos del bambú (*Bambusa vulgaris*) en Venezuela, ya que es una gran alternativa para la solución de los problemas espaciales del medio rural venezolano, en cuanto a construcción de viviendas, galpones, paradas vehiculares, viveros, cochineras, vaqueras. Por lo antes expuesto es necesario establecer programas de plantaciones, no sólo con esta especie, sino con el resto de gramíneas como la guadua, la caña brava y el carruzo.

Además se presentan otras fortalezas en la proyección de uso del bambú, como es el caso del factor medioambiental para la protección de taludes, evitar la erosión en las márgenes de los ríos, quebradas y montañas, incremento del nivel hídrico de las cuencas, así como el embellecimiento del paisaje, ya que dicha especie tiene infinitudes de usos. Tal como se ha demostrado en la cultura de los pueblos asiáticos, y más cercanamente a Venezuela, el hermoso ejemplo del sabio pueblo colombiano con el desarrollo de una cultura constructiva con el bambú y la guadua como especie predominante, ya que desde la llegada de los colonizadores hasta la actualidad, en lo que es hoy la zona cafetalera del viejo Caldas, Valle del Risaralda y Valle del Cauca en los alrededores de Pereira y Cartago, se engrandece la arquitectura e ingeniería latinoamericana.

Finalmente, con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas del bambú (*Bambusa vulgaris*), y con las experiencias realizadas en otros países, podemos considerar de forma confiable estos valores de los esfuerzos de diseño para el calculo estructural. Igualmente, los valores encontrados pueden servir como de elementos de juicio oportunos en la toma de decisiones al momento del desarrollo de un Proyecto de Diseño de una edificación y de nuevos productos forestales, especialmente de sistemas constructivos prefabricados con éste material, de forma que se facilite, agilice y economice el proceso de construcción de edificaciones en el medio rural y urbano venezolano, y así poder proyectar mejores perspectivas en la calidad de vida de las familias venezolanas en pleno inicio del siglo XXI.

#### IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. La determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la especie de bambú (*Bambusa vulgaris*) de la plantación forestal establecida en la ribera de la margen derecha del río Chama, Municipio Francisco Javier Pulgar, del Sur del Lago de Maracaibo, jurisdicción del estado Zulia, Venezuela, es la primera investigación en su género realizada en el país, obteniéndose resultados muy satisfactorios en el caso de los valores de las propiedades físicas de peso específico, al ser comparada con la especie de bambú (*Phyllostachys bambusoides*) de Carolina del Sur de los Estados Unidos. Así como también se encontró que sus valores de propiedades mecánicas de resistencia a la flexión (MOR) y compresión son ligeramente superiores. En relación a la propiedad de resistencia a tracción, la especie *Bambusa vulgaris* presentó valores dos veces menores que las otras especies comparadas (*Phyllostachys bambusoides* y *Bambusa sp.*).
2. Los resultados de las propiedades físicas y mecánicas obtenidas en el presente estudio, dada la calidad y rigor técnico de los ensayos, permiten indicar que al momento de diseñar y calcular una edificación con el bambú (*Bambusa vulgaris*) en Venezuela, los valores obtenidos de esfuerzos de diseño pueden ser tomados en consideración, de forma segura, para el cálculo de un sistema estructural de una edificación o en el diseño de un nuevo producto forestal con calidad estructural.
3. Los valores más altos en las propiedades mecánicas se producen, de manera descendente, desde la sección basal (A) de la caña, seguidos de la



sección media (B) y sección apical (C). En este sentido, se recomienda que los elementos estructurales de una edificación, como las vigas, columnas y correas de techo, sean elaboradas con mayor proporción de cañas provenientes del área basal.

4. Se definió que la especie de bambú evaluada es un producto lignocelulósico que presenta valores de propiedades físicas y mecánicas aceptables, y que previamente conservada contra el ataque de agentes xilófagos con sustancias amigables con el medio ambiente y secadas las cañas o tiras de bambú por procesos de estufa o secado al aire, puede ser promovido su uso de manera segura por ingenieros y arquitectos, para la construcción de edificaciones y muebles.
5. Se determinó que según los resultados obtenidos en las propiedades físicas y mecánicas, la especie de bambú (*Bambusa vulgaris*), también puede ser utilizada para: cerramientos, artesanías, cielo rasos, puertas, ventanas, y tabiquería, entre otros.
6. Se recomienda, que en función a los resultados obtenidos en las propiedades físicas y mecánicas, especialmente en la resistencia a la tracción cuyos valores fueron bajos, evaluar en un futuro Proyecto de Diseño de una edificación, la lógica estructural, la composición plástica, cantidad de cañas que se requieren para desarrollar una columna, una viga principal, así como cantidad de correas y otros componentes estructurales.
7. Se recomienda realizar estudios del bambú (*Bambusa vulgaris*) de las propiedades físico-mecánicas y su relación con las características anatómicas y propiedades químicas en diferentes sitios y edades, con el fin de establecer el óptimo de edad de plantación y sitio para un mejor aprovechamiento integral de dicha especie.
8. En vista de la poca experiencia tecnológica que se tiene en el país sobre el bambú (*Bambusa vulgaris*), se recomienda estudiar el comportamiento de dicha especie, al aserrado, al labrado mecanizado, la realización de pruebas sobre combustibilidad, así como también estudios en productos encolados con diferentes adhesivos, ensayos de uniones con pernos y amarres.
9. Durante la realización del presente estudio, se apreció la susceptibilidad de la especie *Bambusa vulgaris* al ataque de insectos específicamente el liptus, razón por la cual se recomienda desarrollar una línea de investigación para

la preservación y conservación a fin de garantizar una mayor vida útil de esta materia prima.

10. Se recomienda promover el establecimiento de plantaciones de gramíneas en el resto del país, no sólo con la especie de bambú (*Bambusa vulgaris*) sino con las especies de bambú (*Bambusa sp.*), guadua (*Guadua angustifolia*), caña brava (*Gynerium sagittatum*), y otras más, a fin de dar soluciones o alternativas de usos en las necesidades de la población tanto del medio rural como de los centros urbanos venezolanos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CONTRERAS W., y OWEN de C. M. 1997. **Elaboración de un Elemento Estructural Laminado, Tipo Parallam, con Tiras de Caña Brava *Gynerium sagittatum* y Adhesivo Fenol - Formaldehído.** Revista Forestal Venezolana. Mérida, Venezuela 41(1), 29-36.
2. CONTRERAS, W. 2002. **Usos de la Caña Brava, Bambú y de la Guadua.** I Seminario Internacional del Bambú. Comité Regional del Bambú – Mérida. Corporación de Los Andes. Mérida, Venezuela.
3. CONTRERAS, W., M. OWEN DE C., V. CLOQUELL., y Y. CONTRERAS. 2004. **Generación de Nuevos Productos Forestales para Sistemas Estructurales a Partir de Gramíneas y Residuos de Plantación de Pino Caribe (*Pinus caribaea* var. *Hondurensis*).** Ponencia DPI-11. VII Congreso AEIPRO. 6-8 octubre. Bilbao, País Vasco, España.
4. FARRELLY, D. 1984. *The Book of Bamboo.* Sierra Club Books. San Francisco, California. Estados Unidos.
5. FERNÁNDEZ, J. 2004. [En Línea]. **Ola Verde.** Documento disponible en: [http://66.249.93.104/search?q=cache:YKTZAzEHIFgl:www.new-ventures.org/UserFiles/File/Pressroom\\_PDFs/Espectador\\_Bambu\\_de\\_Columbia.pdf+Veles,+bamb%C3%BA,+colombia&hl=es&gl=es&ct=clnk&cd=4](http://66.249.93.104/search?q=cache:YKTZAzEHIFgl:www.new-ventures.org/UserFiles/File/Pressroom_PDFs/Espectador_Bambu_de_Columbia.pdf+Veles,+bamb%C3%BA,+colombia&hl=es&gl=es&ct=clnk&cd=4).
6. HOHEISEL, H. 1968. **Estipulaciones para los Ensayos de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera.** Instituto forestal Latinoamericano. Mérida, Venezuela.
7. IAFU, L. 2000. **The Development Strategy of Bamboo Resource and Bamboo Industry in China, in International Training Workshop on Sustainable Bamboo Management and Processing Techniques for Small-size Bamboo Enterprises.** Hangzhou, China. 4(16): 1-21.
8. JUDZIEWICZ, E., L.G. CLARK, X. LONDOÑO, and M., J. STERN. 1999. **American Bamboos.** Smithsonian institution press, Washington & Londono. 392 Págs.

9. LEE A., X. BAI, y P. PERALTA. 1994. **Selected Physical and Mechanical Properties of Giant Timber Bamboo Grown in South Carolina.** Forest Products Journal. September. Vol. 44 (9): 40 – 45.
10. LONDOÑO, X. 2001. **Taxonomía del Bambú.** I Seminario Internacional del Bambú. Comité Regional del Bambú – Mérida. Corporación de Los Andes. Mérida, Venezuela.
11. PRIETO, E., Y J. SÁNCHEZ. 2001. **Comportamiento de la Guadua Angustifolia Sometida a Flexión. Tesis de Ingeniería Civil.** Universidad Nacional, sede Bogotá. Santa Fe de Bogotá. 101 Págs.
12. **VILLEGAS, B. 2003. Guadua. Arquitectura y Diseño.** Villegas Editores. Bogotá, Colombia.

## **AGRADECIMIENTO**

Los Autores del presente trabajo de investigación agradecen todo el apoyo financiero y técnico al Ministerio del Ambiente y Los Recursos Naturales (MARN), SEFORVEN, COREBAMBÚ y LNPF-ULA-MARN, y de manera muy especial al Señor Cristóbal Contreras, luchador social, promotor y gran conocedor de las técnicas de cultivo del bambú en el Sur del Lago de Maracaibo.