



El Bambú como Recurso Sustentable para Construcción de Viviendas de Bajo Costo

Heriberto Echezuría¹

hechezuria51@gmail.com

¹ Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería (CIDI). Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela.

Historia del Artículo

Recibido 03 de Marzo de 2018

Aceptado 02 de Mayo de 2018

Disponible online: 28 de Mayo de 2018

Resumen: La explotación sustentable de los bosques de guadúa ha permitido aportar, en algunos países americanos, materia prima de primera calidad para la construcción de viviendas. En países asiáticos se ha demostrado que la explotación del bambú permite realizar desarrollos industriales rentables generando importantes fuentes de empleo. Similarmente, en países americanos se ha comprobado que la explotación sustentable de los bosques de guadúa beneficia doblemente a las familias que se dediquen a dicha explotación al permitirles una vivienda digna y una economía que mejora sus ingresos familiares. En Venezuela el déficit habitacional existente está aumentando sin que se vislumbre solución a mediano o largo plazo. Sin embargo, países como Colombia, han demostrado que los rendimientos y productividad de la construcción con bambú permiten generar buenas viviendas a bajo costo. Se requiere sin embargo, influir en la cultura de la población para aceptar este tipo de vivienda y que el gobierno haga o estimule inversiones que permitan contar en los comercios afines a la construcción con los componentes de bambú de manera abundante para masificar su aplicación. En consecuencia, podemos indicar que es muy factible que Venezuela pueda adelantar un plan de desarrollo para explotación de guadúa para distintos fines industriales, incluyendo la construcción de viviendas apropiadas de bajo costo para los sectores de la población más desfavorecidos. La solidez de la cadena de producción del bambú constituye una excelente ventaja para el inicio de la explotación de algunos eslabones de la misma que requieran baja inversión para asegurar la economía de las familias que se dediquen a la silvicultura y aprovechamiento sustentable de los guaduales.

Palabras Clave: Bambú, construcción, viviendas de bajo costo, recurso sustentable

Bamboo As A Sustainable Resource For Low Cost Housing In Venezuela

Abstract: Sustainable exploitation of guadua forests in some south American countries has allowed the production of high quality materials for constructing housing. In Asian counties bamboo exploitation has demonstrated being a solid industry which allows developing rentable employment sources. Similarly, the sustainable exploitation of bamboo has a double benefit to families dedicated to its production by supplying housing as well as a living economy with improving income. The housing deficit existing nowadays in Venezuela is increasing with no signs to reducing it in the mid or long term. However, yielding and productivity values for housing construction using bamboo has been found to be highly efficient to produce living solutions at low cost. It requires, nevertheless, influencing the culture of the population to accept such housing and that the government increase public and private investment to increase commercial availability of bamboo construction produce to make its application massive. Consequently, it can be said that it is highly possible to initiate a sustainably exploitation plan for bamboo forests with different industrial applications, including low cost housing for low income population sectors. The robustness of the bamboo production chain becomes an excellent advantage to initiate some of them which require low investment to ensure the economy of the families which dedicate to such production.

Keywords: Bamboo, construction, low cost housing, sustainable resource

I. INTRODUCCIÓN

La variedad de bambú denominada guadúa ha sido la más empleada por el hombre en el continente americano, la cual ha contribuido con sus versátiles propiedades a agilizar el proceso de asentamiento o consolidación de distintas culturas. Es además una especie vegetal que desempeña un importante papel en la protección de los suelos y aguas en cuencas hidrográficas, debido a que los guaduales propician la existencia y sostenibilidad de flora, microflora, fauna de insectos y arácnidos (entomofauna), mamíferos, reptiles y anfibios. [1, 2, 3, 4]

En referencia a la protección del suelo, su sistema entretelado de raíces y tallos tipo rizomas forman una red o malla que amarra los suelos. Debido a su rápido crecimiento realiza un aporte de biomasa (2 a 4 Ton/Ha./año), con lo cual mejora las condiciones de textura y estructura del suelo. Adicionalmente, los rizomas, el tallo y las hojas en descomposición conforman una especie de esponja, la cual en invierno almacena agua (30.375 l/Ha) y luego por efectos de concentración en épocas secas esa agua es regresada a los cauces de ríos y quebradas. También ejerce control en la calidad del agua mediante la captura y retención de sedimentos. La cubierta boscosa de su dosel protege las corrientes de agua de la evaporación excesiva. [1]

Tal como se expondrá más adelante en este artículo, la guadúa es una planta perenne con altos rendimientos en individuos por hectárea y tiempos cortos de aprovechamiento. La guadúa también se presenta en los diferentes campos de la industria y el agro como una importante fuente de materia prima que ha permitido mitigar la problemática social del campo. Esto se debe a que para pocas plantas se ha logrado utilizar la mayoría de las partes

que forman su estructura como en el caso de los bambúes.

Por sus cualidades físicas, disponibilidad y bajos costos, la guadúa ha sido el motor socio cultural y económico de varias sociedades que han utilizado la parte aérea de los tallos o culmos de esta especie en toda una gama de artefactos, utensilios y viviendas que las han identificado como culturas orgullosas de sus costumbres. A continuación citamos algunos ejemplos de los aprovechamientos de la guadúa como materia prima:

- En la industria del papel se presenta como una importante alternativa como fuente de pulpa.
- En el campo de la construcción es utilizada dadas sus condiciones de altura, resistencia, funcionalidad y durabilidad.
- En el sector de las artesanías y la elaboración de muebles, las condiciones favorables, la versatilidad en su manejo y sus propiedades mecánicas han hecho que sea empleada en un sinnúmero de elementos de uso cotidiano.
- En el sector agropecuario es empleado en cercas, corrales, andamios, protector de cultivos, acueductos, etc.

Como se ve, la guadúa es una planta con excepcionales propiedades de crecimiento y aporte a la biósfera. Adicionalmente, la calidad de sus componentes bióticos y sus propiedades mecánicas y químicas permiten su explotación para utilizarla en distintas industrias. Como resultado, la guadúa es un material vegetal explotable sin riesgo de deterioro del ambiente y con alta capacidad de reproducción y mantenimiento de las condiciones ambientales en la zona de plantación, todo lo cual permite clasificarla como un

material autosustentable con alto rendimiento.

Tal como se mostrará en este artículo, la cadena de explotación y comercialización de la guadúa es muy sólida y permite sectorizarla en función de las necesidades más inmediatas con buenos rendimientos financieros. Esto le confiere varias ventajas, la primera es que los distintos sectores de la cadena de producción son rentables y permiten desarrollos parciales de los guaduales basados exclusivamente en un sector de la planta. La segunda, es que luego de establecidos los bosques de guadúa, las condiciones de su crecimiento permiten expandir los potenciales usos de las distintas partes de la planta para ampliar el desarrollo industrial de la región.

Adicionalmente a lo mencionado hasta ahora, las poblaciones en las zonas aledañas al guadual pueden beneficiarse del mismo y contar con materia prima de óptima calidad para plantear diferentes industrias de distinto tamaño en función de la disponibilidad de inversionistas. Para el caso venezolano, donde tenemos en este momento un déficit habitacional y una economía hiperinflacionaria, donde escasean las buenas fuentes de trabajo, los bosques de guadúa constituyen una excelente opción para, por una parte, proveer materia prima para la construcción de viviendas de bajo costo que pueden en buena medida ser autoconstruidas. Por otra parte, el mismo bosque proveería materia prima para industrias como, por ejemplo, la producción de carbón vegetal y carbón activado, entre otros.

II. EL PROBLEMA HABITACIONAL EN VENEZUELA

En Venezuela existe un déficit habitacional sostenido el cual se ha agravado en los últimos años, según se mostrará en los párrafos siguientes con cifras que sustentan esta problemática nacional. Por otra parte, también es un hecho que existen pocas opciones de desarrollo industrial en los estados del país que no tienen instalaciones petroleras. Esto obliga a buscar soluciones que estén orientadas no solamente a satisfacer el problema habitacional, sino que también busquen generar el desarrollo de algunos sectores industriales dentro de un marco global de sustentabilidad con producción distinta a la petrolera para el país.

En lo que se refiere a la vivienda, de acuerdo con lo expresado por Ramírez y Guevara [5] en la Fig. 1, se observa que la oferta habitacional no ha sido suficiente para cubrir la necesidad derivada del crecimiento vegetativo de la población, por lo cual los índices por cada 1000 habitantes están bajando a pesar de que en la actualidad el Gobierno lleva adelante la Misión Vivienda. Nótese que la producción de viviendas terminadas por el sector público alcanza, en general, un promedio anual de 50.214 viviendas, mientras que, en términos relativos, representa un índice de 1,83 viviendas construidas por cada 1000 habitantes. Este índice es el más bajo registrado en la construcción de viviendas por parte del sector público desde el período de Rómulo Betancourt (1959 – 1963).



Fig. 1 Promedio anual de viviendas construidas por el sector público por cada 1000 habitantes. [5].

Por otra parte, la producción de viviendas del sector privado en el país se ha visto severamente disminuida debido, principalmente, a factores como:

- La escasez de insumos -cemento y el acero- cuya mayor producción pasó a manos del Estado;
- La promulgación de leyes donde el derecho a la propiedad privada de inmuebles, terrenos, maquinarias y equipos de las empresas, se ve constantemente amenazada;
- La poca capacidad que tiene la banca para financiar proyectos de vivienda.

Así, el sector privado presenta en la actualidad, valores históricos de producción de viviendas que se reducen a aproximadamente 5.000 unidades habitacional para el 2016, lo cual equivale al 10% del promedio anual del sector público.

Como veremos en el resto de esta sección, el déficit no podrá ser ni siquiera disminuido en el largo plazo, aunque el sector público proponga planes como la Misión Vivienda o similares. De hecho, este último plan no ha logrado frenar el

crecimiento del déficit. No obstante, la demanda de viviendas continua y la brecha seguirá aumentando.

Por lo tanto, se hace necesaria una visión distinta a la hora de enfrentar la forma en que las viviendas deben construirse, particularmente porque uno de los limitantes más fuertes para ambos sectores, público y privado, es la baja disponibilidad de insumos de construcción convencional, es decir, cemento, acero de refuerzo, acero estructural, agregados para concreto, madera para encofrado, bloque en cualquiera de sus presentaciones (arcilla o cemento).

Con relación a la demanda habitacional del país tenemos que, aproximadamente, el 93% de las familias venezolanas que requieren una solución habitacional, en este momento no pueden acceder por sí solas a los mercados formales de vivienda. Aquí se combinan aspectos tales como las condiciones económicas del país y la situación de las inversiones extranjeras y del sector privado en Venezuela. Esto se observa en los datos presentados por Datanálisis [6], con base en la encuesta Omnibus –noviembre 2016. La Fig. 2 ilustra el porcentaje de la población que no tiene capacidad financiera para adquirir una vivienda.



Fig. 2 Porcentaje de la población que no tiene capacidad financiera para adquirir una vivienda nueva. (Noviembre 2016. Base 1000). [6].

Como consecuencia de lo antes indicado, más de 57% de las viviendas construidas anualmente en el país se hacen mediante mecanismos informales, sobre terrenos no urbanizados. Eso se refleja adecuadamente con el déficit funcional (DF), el cual corresponde a familias que no poseen vivienda y conviven “arrimadas” en casas de sus familiares o compartiendo con otros grupos, en su mayoría en condiciones de hacinamiento. En este sentido tenemos: Hogares en refugios (HR), hogares en hacinamiento (HH), con más de tres personas por habitación para dormir y hogares adicionales (HA), con más de un núcleo familiar. La Fig. 3 muestra la distribución de hogares informales tipo, refugio, con hacinamiento y otros para el año 2011; mientras que la Fig. 4 desglosa el déficit funcional por dependencia federal.

Déficit funcional. Año 2011

	Año 2011
Hogares en refugios (HR)	22.946
Hogares en hacinamiento (HH)	719.888
Hogares adicionales (HA)	543.103
Total (DF)	1.285.937

Fig. 3 Déficit funcional de viviendas para el año 2011. [5].

Déficit funcional (DF) por entidad federal				
Entidad Federal	Hogares en Refugios (HR)	Hogares en Hacinamiento (HH)	Hogares Adicionales (HA)	Déficit Funcional (DF)
Distrito Capital	14,784	35,349	45,792	95,925
Amazonas	0	5,878	2,659	8,537
Anzoátegui	75	38,621	28,239	66,936
Apure	31	17,406	7,994	25,431
Aragua	202	37,831	32,369	70,402
Barinas	36	19,678	14,369	34,083
Bolívar	22	39,227	25,294	64,544
Carabobo	56	53,079	43,788	96,923
Cojedes	0	7,416	5,520	12,936
Delta Amacuro	6	6,282	3,078	9,367
Falcón	311	29,800	17,926	48,037
Guárico	0	21,414	13,612	35,026
Lara	135	46,684	34,606	81,426
Mérida	251	15,100	16,295	31,646
Miranda	3,684	55,017	54,873	113,574
Monagas	0	25,036	16,779	41,815
Nueva Esparta	116	13,589	10,979	24,684
Portuguesa	18	23,575	14,743	38,336
Sucre	115	20,891	17,578	38,585
Táchira	311	20,067	23,345	43,723
Trajillo	546	15,804	11,933	28,283
Yaracuy	42	16,360	10,620	27,021
Zulia	248	147,124	83,522	230,894
Vargas	1,956	8,558	7,113	17,627
Dependencias Federales	0	102	75	177
Total	22,946	719,888	543,103	1,285,937

Fig. 4 Déficit funcional de viviendas para el año 2011, por estado. [5].

Similarmente, el déficit por crecimiento vegetativo de la población (CV), se refiere al requerimiento de vivienda por formación de nuevos hogares anualmente, el cual se muestra en la Fig. 5. El total estimado del mismo incluyendo otros tipos de déficit como el cualitativo, que no describiremos en este contexto, alcanza unas 2.442.987 viviendas. La Fig. 6 muestra el cambio del déficit total desde 1999 hasta 2016.

Déficit acumulado 2011-2016 por crecimiento vegetativo de la población

Año	Total habitantes	Incremento anual	Nº de viviendas
2011	28,944,070		
2012	29,365,451	421,381	108,046
2013	29,786,263	420,812	107,901
2014	30,206,307	420,044	107,704
2015	30,620,404	414,097	106,179
2016	31,028,637	408,233	104,675
Total (CV)			534,504

Fig. 5 Déficit acumulado de viviendas del año 2011 al 2016 por crecimiento vegetativo. [5].

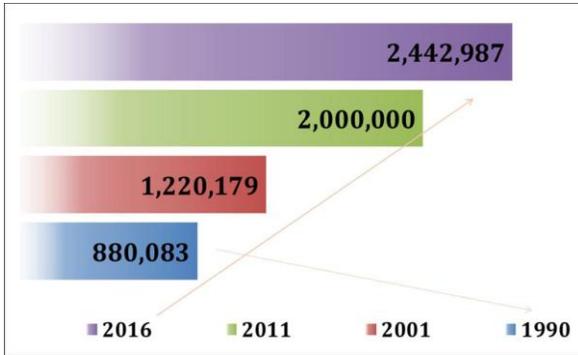


Fig. 6 Déficit total de viviendas desde el año 1999 al 2016. [7].

De acuerdo con Madrigal [7], para superar ese déficit es necesario construir al menos 200.0000 viviendas por año, durante un período de 32 años. Si tomamos en cuenta que el promedio anual antes citado, considerando la participación privada y la pública, apenas alcanza unas cincuenta y cinco mil viviendas por año y que las condiciones económicas y financieras del país no estimulan la inversión, es muy difícil que se construyan muchas más viviendas bajo los esquemas tradicionales. Adicionalmente, es necesario recordar que la producción de los insumos como cemento y acero de refuerzo están en manos del estado y su crecimiento también ha mermado significativamente en los últimos años.

En consecuencia, tal como mencionamos antes, el déficit habitacional venezolano es marcado y no están dadas las condiciones político-económicas, industriales ni financieras para poder recuperarlo en el futuro mediano. Esto obliga a buscar una perspectiva distinta a la convencional del pasado milenio para tratar de ayudar a solventar ese déficit.

Esta nueva perspectiva nos obliga a mirar la forma en que se construye en otras zonas del mundo donde han tenido también problemas de déficit similares y que se han decidido por explorar el uso de materiales naturales tradicionales, que constituyen un

renglón ecológicamente sustentable pero puede coadyuvar en la solución de construcción de viviendas bajo diferentes esquemas. Entre estos materiales están el bambú, la caña brava y la arcilla, los cuales también fueron utilizados en el pasado en nuestro país.

Como veremos, el empleo de estos materiales con nuevos esquemas arquitectónicos y empleando técnicas de análisis y diseño sismorresistente permiten considerarlos como una muy buena alternativa para abordar el mencionado déficit habitacional de Venezuela.

En lo relativo al desarrollo industrial soportado dentro de un marco de sustentabilidad, el bambú presenta una excelente opción ya que la producción, explotación, industrialización y comercialización de productos derivados de las distintas partes de esa planta han demostrado una cadena muy robusta en países como China y la India en Asia y Colombia, Ecuador y México en América Latina. Resulta significativo que la India por sus condiciones de regulación legal para explotación de sus recursos madereros y del bosque se vea obligada a importar bambú el cual es tratado industrialmente dentro de ese país generando una economía sólida y rentable con los productos derivados.

La China, por otro lado, ha prácticamente duplicado la superficie de bosques de bambú desde la década de los años 80 del siglo XX hasta 2014. Esa expansión obedece a la excelente cadena de comercialización de los productos derivados, la cual incluye: laminados de madera, fibras textiles de distintos tipos, carbón comercial y carbón activado, vinagre, brotes de bambú para consumo humano, antioxidantes y fortalecedores del sistema inmunológico de aves de corral y

ganado vacuno que disminuyen el consumo de antibióticos en esos sectores productivos. [1, 3, 4, 8, 9]

III. CULTIVO, VALOR COMERCIAL Y EXPLOTACIÓN SUSTENTABLE DE LA GUADÚA

Los materiales propuestos para acelerar la construcción de viviendas en Venezuela para el siglo XXI han sido utilizados, por muchos siglos, en muchos países dentro de la zona de producción del bambú y la caña brava, lo cual se muestra en la Fig. 7. En algunos de esos países, como Nepal y la

China, el uso de arcilla junto con el bambú y la caña brava se utiliza, no solo para construir viviendas, sino también templos relativamente altos con más de tres a cinco niveles que perduran hasta nuestros días.

Es bueno destacar que esas construcciones se han desarrollado en zonas con alto peligro sísmico, en las cuales la tradición y el proceso de ensayo y error han permitido mejorar las técnicas constructivas para lograr edificaciones sismo-resistentes con esos materiales. Esto aplica fundamentalmente a países como Japón, Nepal y China entre otras naciones de Asia, que construyen con dichos materiales desde hace varios milenios.



Fig. 7 Distribución geográfica mundial del crecimiento del bambú y la caña brava [1].

En otras zonas como América Latina, las construcciones con los materiales propuestos fueron utilizadas tradicionalmente por las poblaciones indígenas autóctonas y por los españoles durante la colonia. Aunque las técnicas constructivas fueron mejoradas en cierta medida por la influencia europea durante esa época, no se contaba con el conocimiento y las tradiciones de los pueblos con alto peligro sísmico de Asia [1, 3, 4, 8, 9].

Con el paso del tiempo aumentó el uso de cemento, concreto y acero debido al auge industrial de esos productos y la aparente mejora en las condiciones habitacionales al utilizarlos. Así, se fue relegando el uso del bambú, la caña y la arcilla en muchos de los países latinoamericanos, al punto que quedó para zonas muy empobrecidas y sin ninguna mejora desde el punto de vista del desempeño ante sismos. Sin embargo, a nivel mundial el bambú, la caña brava y la arcilla se han seguido utilizando.

Similarmente, en muchos países, incluyendo varios latinoamericanos como México, Perú y Ecuador, ha venido creciendo el estudio científico de las propiedades ingenieriles del bambú y la caña brava para su utilización como material ecológicamente sustentable para la construcción. No solamente se utiliza el bambú como elemento estructural para el soporte de las edificaciones sino como potencial sustituto del acero en el concreto reforzado [9, 10, 11, 12, 13].

Por otra parte, tal como se ha expresado antes, el déficit habitacional de Venezuela es grave y no tiene perspectivas de reducirse con los métodos convencionales en el mediano o largo plazos. Son necesarias, entonces, nuevas propuestas arquitectónicas y constructivas con materiales diferentes a los convencionalmente utilizados para los planes de vivienda nacionales que permitan aumentar en el corto plazo la construcción de unidades habitacionales de una y varias plantas para reducir dicho déficit.

Esos materiales son el bambú, la caña brava y la arcilla, los cuales, como ya hemos indicado, permiten un desarrollo ambientalmente sustentable y están disponibles en cantidades suficientes en distintas regiones del país. Existe tradición en algunas zonas donde dichos materiales se han seguido utilizando, lo cual con nuevas técnicas a desarrollar en el proyecto de investigación adelantado por la UCAB permitirán distintas formas de atacar el problema, incluyendo la participación directa de la familia en la construcción. Esto incluye también técnicas más

avanzadas que puedan ser utilizadas en construcciones a mayor escala. El contenido del proyecto de investigación de la UCAB se indicará más adelante en este artículo.

La generación de espacios de calidad para la constitución de hogares familiares está más fuertemente asociada con los aspectos arquitectónicos que con la naturaleza de los materiales utilizados. En la Fig. 8 se ilustra este aspecto ya que la funcionalidad de la vivienda inferior con respecto a la de la izquierda no está definida solamente por la arcilla frisada y pintada que provee un acabado de calidad. Similarmente, la Fig. 9 muestra una solución habitacional desarrollada en Colombia para sectores de bajos recursos sin arcilla que es realmente acogedora.

El objetivo principal del proyecto adelantado en la UCAB apunta a viviendas de calidad con materiales y procedimientos poco costosos. Adicionalmente, la versatilidad del bambú como materia prima de distintas industrias permitiría motorizar la economía familiar para lograr una mejor calidad de vida.

Lo anterior confirma el hecho de que con el debido tratamiento arquitectónico e ingenieril, no solo de las viviendas sino de las otras aplicaciones del bambú en infraestructura habitacional y vial, se logran soluciones adecuadas con buena vida útil. Esto puede verse en los legados de las construcciones con bambú existentes en China, Nepal, Japón y más recientemente en Colombia, según se ilustra en las Fig. 10.

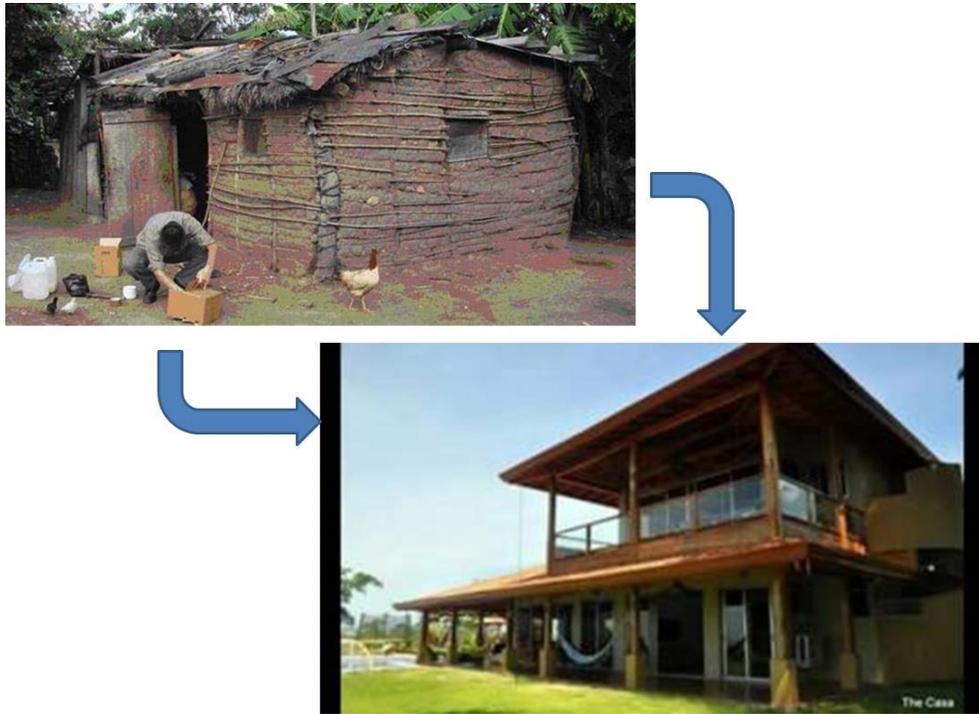


Fig. 8 Cambio conceptual relativo a la calidad de vida para las viviendas construidas con bambú, caña brava y arcilla [2]



Fig. 9 Solución habitacional para personas de bajos recursos en Colombia [2].



Fig. 10 Puentes de bambú en China (izquierda) y Colombia (derecha) [2]

Condiciones ambientales para el desarrollo de la guadúa

La guadúa posee un amplio rango de distribución geográfica lo cual indica su gran adaptabilidad a las condiciones medioambientales. En general, esta especie crece en bosques muy húmedos subtropicales dentro de las siguientes condiciones específicas de suelos y clima [1, 3, 4]:

1 Suelos

- Características Químicas: Suelos arenosos o evolucionados a partir de cenizas volcánicas. Ph: 5.5 – 6.0 (moderadamente ácido). C.I.C. 15 – 16 me/100 gr de suelo.
- Características Físicas: Suelos Profundos, bien drenados, húmedos, pero no inundables, fértiles, ricos en materia orgánica. Textura: Limo arenosos o arenosos con estructura granular.

2 Clima.

- Altura sobre el nivel del mar: 900 – 1600 m.s.n.m.
- Temperatura: 20° C – 26° C
- Precipitación (lluvia): 1.800mm – 2.500 mm/año
- Humedad relativa: 75%-80%
- Luminosidad o brillo Solar: 1.800 – 2.000 horas/luz/año (5 – 6 horas/luz/día)
- Vientos: 4.4 m/seg. (brisas débiles) – 12.3 m/seg. (brisas fuertes)
- Nubosidad: entre 1 y 4 octavos de cielo cubierto.

3. Ecología.

Ecológicamente los guaduales o comunidades formadas por la especie *Guadua Angustifolia* están asociados con una vegetación variada y numerosa, originada de una flora heterogénea preandina. Los guaduales constituyen comunidades vegetales más o menos estables, donde existe una distribución de edades y una interrelación entre todos los individuos, la cual está en equilibrio con el medio aunque la composición florística dominante resulta la misma guadúa.

Estas condiciones son típicas de muchas regiones tropicales de América, por lo cual la Guadúa crece en forma natural en muchos países de la región, tales como Colombia, Ecuador, Perú, México, Venezuela, entre otros. En Venezuela se consigue desde las pendientes andinas de Táchira, Barinas, Trujillo y Portuguesa, a todo lo largo de la las laderas de la cordillera de la costa incluyendo Yaracuy, Carabobo, Aragua, Miranda, Distrito Capital, Monagas, Anzoátegui y Sucre. Como vemos, la explotación de la guadúa es posible en una gran extensión geográfica del territorio nacional donde tendría inmediato acceso de los sectores de la población más necesitada para utilizarla no solamente como material de construcción de viviendas, sino para acceder a sectores industriales que podrían generarle ingresos al grupo familiar [14, 15, 16].

Morfología de la guadúa, cadena de producción y comercialización

La Guadua constituye agrupaciones boscosas o rodales coetáneos, ubicados preferencialmente en zonas cercanas a fuentes de agua, su conformación y

desarrollo hace que los tallos crezcan juntos y se entrelacen. Las distintas partes de la planta se describen brevemente a continuación [1, 3, 8, 9, 10, 11 y 12]]:

Raíces y tallo subterráneo: En el tallo de una guadua adulta el sistema subterráneo lo conforman tallos modificados denominados rizomas con sus raíces. El sistema de rizomas de la Guadua es de tipo “Paquimorfo” caracterizado por entrenudos cortos y gruesos y se distinguen porque sus partes aéreas crecen formando círculos.

Tallo aéreo, culmo o caña. Son ejes cilíndricos leñosos y huecos que se originan en la punta (ápice) del rizoma, el cual al modificarse toma una dirección ascendente completamente vertical. El mismo está conformado por nudos y entrenudos que presentan diámetros y longitudes diferentes según la parte donde se ubiquen.

Su diámetro y altura dependen del tamaño del rizoma que los genera. El tallo una vez brota del suelo lo hace con un diámetro definido (no presenta crecimiento diametral en la base) el cual disminuye proporcional y gradualmente con la altura.

Un tallo de guadua adulto en condiciones ambientales normales presenta entre 70 y 80 entrenudos con longitudes de 26 centímetros y diámetros entre los 6 y 12 centímetros, alcanzando una altura total promedio de 18 a 20 metros.

- *Ramas y hojas.* En la Guadua existen dos tipos de ramas cada una con funciones específicas: También cuenta con dos tipos de hojas.
- *Ramas Basales (Riendas).* Estructuras protectoras del tallo que se ubican en los primeros 8 o 9 metros, tienen una longitud promedio de 3 a 5 metros.

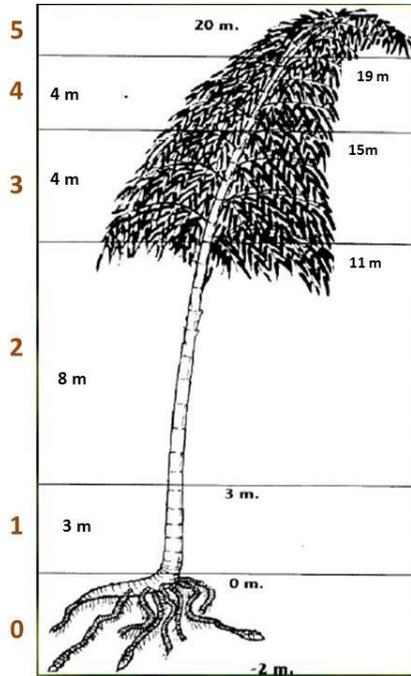
- *Ramas Apicales* o superiores. Se localizan en el tallo a partir de los 12 metros de altura, en estas ramas se encuentran las hojas y se realizan casi todas las actividades fotosintéticas de la planta. Su longitud disminuye de manera gradual hacia la punta de la guadua dando forma de triángulo. Conforman lo que se denomina el copo de la planta.
- *Las hojas* prestan dos funciones específicas. 1) Hojas Típicas o Laminas Foliare. Estas hojas son las que elaboran las sustancias nutritivas de la planta. y 2) Hojas Caulinares, las cuales cumplen funciones de protección y se encuentran en el tallo durante los primeros estados de crecimiento.

Ahora bien, de acuerdo con el aprovechamiento industrial de la planta, podemos dividir aún más su morfología, lo cual se muestra en la Fig. 11. La Fig. 12, por otro lado, resalta las distintas aplicaciones o derivados de cada sección de la planta.

Es evidente que la guadúa constituye una fuente importante de materia prima para una amplia diversidad de industrias. Varias de ellas pueden iniciarse con el aprovechamiento de las poblaciones que deseen iniciar los viveros para mantener el bosque de guadúa. Lo que hace falta es la disposición del gobierno nacional para permitir la explotación de este sector y expedir los permisos a las poblaciones que así lo deseen.

Los primeros desarrollos industriales comenzarían casi a la par si se trata de guaduales naturales con suficiente cantidad de plantas con los viveros. Otras aplicaciones industriales siguen con mercados tanto internos como

internacionales debido a la alta demanda de materia prima y productos acabados de bambú.



Partes y longitudes típicas de una Guadúa madura:

- 5. Copa:** Es la parte apical de la guadua, con una longitud entre 1.20 a 2.00m.
- 4. Varillón:** Corresponde a la parte terminal de la planta y su diámetro es menor. Alcanza longitudes de cuatro (4) m o más.
- 3. Sobrebasa:** Puede ser utilizada en la construcción o para obtener láminas de piso de poco ancho. Alcanza altura hasta de cuatro (4) m.
- 2. Basa:** Es la sección del **culmo** o tallo de mayor valor comercial, denominada Guadua rolliza. Esta pieza puede tener una longitud entre cinco (5) m y ocho (8) m.
- 1. Cepa:** Sección que posee el mayor diámetro, se encuentra en la parte inferior del tallo, es utilizada generalmente para postes, caminerías y para cercas. Las dimensiones más comunes van desde y 2.50 a 3.0 m.
- 0. Rizoma:** es un tallo subterráneo, que conforma el soporte de la planta. Es el lugar por donde absorbe los nutrientes. Se ha utilizado en la estabilización de las laderas y prevención de la erosión, también para artesanía, muebles o para obtener vinagre.

Fig. 11 Descripción de las distintas partes de una planta de bambú

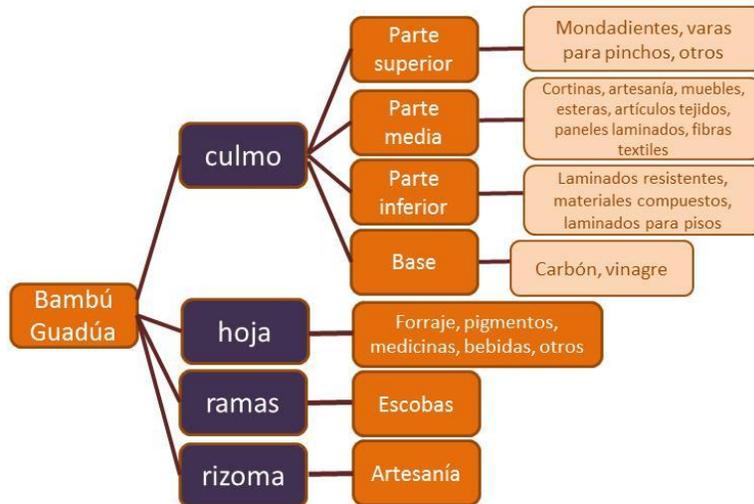


Fig. 12 Productos o derivados de las distintas partes de una planta de bambú

En la Fig. 13 se ilustra una cadena de producción típica para guaduales explotados en forma sustentable. Se observa que el primer eslabón lo componen los viveros, los cuales pueden

alcanzar rendimientos de 7101 plántulas en un año a partir de un solo brote del rizoma. Esta es una de las reproducciones asexuales más productivas del reino vegetal [11, 12].

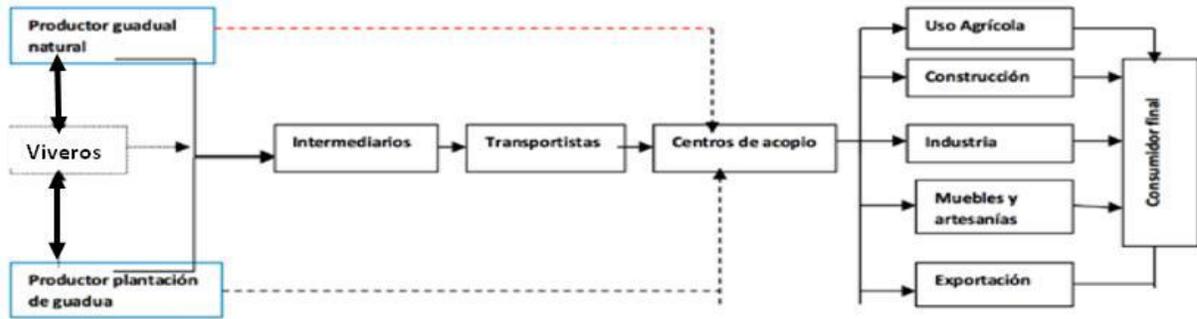


Fig. 13 Cadena de producción típica de un bosque de bambú

Las categorías de productores en viveros van desde pequeños, entre 50 y 1.000 plantas; a medianos de 1.000 a 5.000 llegando a los grandes con más de 5.000 plantas. Las cadenas de producción incluyen empresas agrícolas, de fomento agrario públicas, de cooperación incluyendo campesinos individuales, entre otras. Cada una de ellas tiene distintos destinos de ventas.

Las plantaciones cultivadas llegan a tener una densidad promedio de 1.000 plantas/ha, la cual puede mejorarse cuando se explota en forma sustentable. Los guaduales naturales pueden tener una densidad promedio de 1.835 plantas por hectárea. La distribución típica de edades dentro del guadual es: Madura 65% - 70%, Verde (joven) 20% - 25%, Renuevos 5% - 10%, Seca 2% - 5%.

El volumen estimado de tallos maduros a extraer el primer año de un guadual típico está en unos 70 m³/Ha. Luego, el aprovechamiento se hace cada 2 años, con volumen aprovechable de unos 100

m³/Ha/año, lo cual representa unos 1.000 tallos o culmos/Ha/año.

Las ganancias por venta de varias secciones de la planta, según informe proyecto Guadua-Bambú de la Unión Europea, oscilan entre 54% para el varillón a 168% para los mejores culmos. Otros proyectos de explotación de guaduales con criterio de rendimiento sostenible para explotación de culmos utilizables en la erección de viviendas y algunas otras aplicaciones como puentes muestran Tasas Internas de retorno (TIR) de al menos 21,17%, en Colombia y de 45,3% en Ecuador.

Todo eso demuestra la rentabilidad solamente para el sector de la cadena de producción dirigido a la erección de infraestructura. Este sector no cubre toda la demanda de materia prima pero, efectivamente, representa un excelente negocio para invertir. Lo anterior también refuerza el hecho de que un guadual explotado sustentablemente pasa a ser una excelente fuente de materia prima que se renueva permanentemente y provee una

economía aplicable a las poblaciones aledañas que se dediquen a esta actividad.

Para ampliar la lista de productos dentro de la cadena de industrialización, a continuación citaremos algunos ejemplos de ellos distintos al uso de los culmos como columnas y vigas en la erección de infraestructura como viviendas, los cuales han mostrado alta demanda internacional hasta este momento:

1. Carbón vegetal
2. Fibra de ramas y tallos menores para cestería
3. Brotes de bambú para alimentación humana
4. Acabados de pisos a partir de tallos de bambú
5. Paneles laminados a partir de tallos de bambú
6. Acabados de madera para interiores y exteriores
7. Madera aglomerada para construcción (cuartones y listones)
8. Madera aglomerada mejorada de alta resistencia para yates y hélices eólicas
9. Fibra textil a partir de tallos de bambú (tres tipos, uno de los cuales compite con el lino)
10. Preparación de medicamentos (flavonoides, antioxidantes, complemento alimenticio que reduce consumo de antibióticos en criaderos de ganado vacuno y pollos)
11. Carbón activado
12. Vinagre destilado

Con relación a la solidez del sector industrial asociado con la explotación sustentable del bambú podemos indicar que países como la India importan el bambú para procesarlo industrialmente, pues como ya mencionamos, tienen

muchas restricciones legales para la explotación de sus variedades autóctonas asociadas con las leyes de intervención y explotación de los bosques. Eso es debido a que clasificaron al bambú como árbol maderero y no como un recurso no maderable como sucedió en Venezuela. No obstante, el hecho de que la industria se mantenga aún importando la materia prima es una señal de su robustez e indica la solidez de la cadena de explotación del bambú con fines industriales.

Por otra parte, para la adecuada explotación comercial de todos los potenciales productos derivados del bambú, en Ecuador, México y Colombia existen universidades y organizaciones públicas y privadas participando en planes de cultivo y explotación del bambú para diferentes usos [8, 9, 13]. En Venezuela ha habido ensayos de crecimiento en varios estados como Yaracuy, Aragua, Mérida, Zulia, Portuguesa y Barinas, [14, 15, 16] con diferentes participantes públicos y privados, pero todo todos los esfuerzos han resultado incipientes hasta ahora.

China es un país que ha tomado muy en serio la explotación del bambú y han desarrollado procesos industriales de dos niveles, primario y secundario. El nivel industrial primario incluye productos para la erección de viviendas y puentes a demás de los listados del 1 al 6 arriba. Los demás (7 a 12) pertenecen al sector secundario de la cadena industrial. De la misma manera, en China, la industria del bambú ha alcanzado un valor de producción anual de 13,8 mil millones de dólares al año y ofrece oportunidades de empleo para más de 5,6 millones de personas directamente involucradas en la misma.

Es posible entonces comenzar a popularizar dentro de la población venezolana el valor comercial de este

recurso natural y que el gobierno inicie inversiones para la adecuada comercialización de los primeros sectores de la cadena de valor de la guadúa, los cuales están asociados con la industrialización primaria de la misma. A su vez, otorgar los permisos necesarios a las poblaciones aledañas a bosques naturales de guadúa para iniciar programas piloto para su explotación con los criterios de sustentabilidad. Esto incluye los viveros y el inicio de una cadena de producción que permita encontrar productos de bambú en los negocios afines a la industria de la construcción a bajo costo. Los permisos de explotación para la comunidad deben incluir la elaboración de cualquiera de los productos listados del 1 al 6 arriba, con lo cual se buscaría mejorar la economía familiar de dicha comunidad.

Dentro de la primera línea de explotación orientada a producción de culmos para erección de viviendas debe lograrse también la capacitación de mano de obra para el adecuado manejo del bambú. Esto se lograría con la participación de las instituciones dedicadas a esos fines como el INCE y las universidades que inicien planes de investigación sobre la utilización sustentable del bambú.

La Universidad Católica Andrés Bello ha iniciado en el Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería (CIDI) un programa de investigación sobre bambú dentro del cual se adelantan tres trabajos especiales de grado (TEG) de estudiantes de pregrado relacionados con las propiedades ingenieriles de la guadúa, el desempeño de viviendas unifamiliares y multifamiliares construidas con bambú como elemento estructural y con las diferencias en costos y rendimientos entre la construcción convencional con acero y concreto comparados con las de bambú. Se está preparando un cuarto TEG para

identificar las zonas donde existe mayor déficit habitacional y donde existe la mayor densidad de guaduales naturales, además de las inversiones requeridas para completar la cadena de comercialización de los culmos como material primario para construcción de viviendas.

La aplicación de estos resultados es posible completarla a mediano plazo en paralelo con una campaña de concientización de la población sobre los beneficios de las viviendas con bambú tal como se logró en Colombia. Ciertamente, no fue necesariamente una tarea fácil, pero resultó ser posible. En ese país se construyeron unas cien poblaciones en el eje cafetero que necesitaban desarrollo para poder cumplir con los requerimientos del crecimiento del mercado del café. Eso requirió un esfuerzo de las autoridades incluyendo los aspectos que hemos indicado antes y la demostración del valor de las viviendas construidas con ese material. Algo parecido podemos lograr en Venezuela si hay la voluntad para hacerlo y comenzamos a darle el valor de los recursos naturales olvidados o descuidados por el auge de los productos de hidrocarburos.

IV. CONCLUSIONES

La explotación sustentable de los bosques de guadúa ha permitido en otros países americanos, por una parte, aportar materia prima de primera calidad para la erección de viviendas. Por otra parte, en países asiáticos se ha demostrado que la explotación del bambú permite realizar desarrollos industriales rentables generando importantes fuentes de empleo. En consecuencia, podemos indicar que es muy factible que Venezuela pueda adelantar un plan de desarrollo para explotación de guadúa para distintos fines

industriales, incluyendo la construcción de viviendas apropiadas de bajo costo para los sectores de la población más desfavorecidos.

Similarmente, en países americanos se ha demostrado que la explotación sustentable de los bosques de guadúa beneficia doblemente a las familias que se dediquen a dicha explotación al permitirles una vivienda digna y una economía asociada con distintos sectores industriales que mejorarían los ingresos familiares en estos tiempos hiperinflacionarios que tiene actualmente el país. Adicionalmente, la explotación sustentable de guaduales ayudaría a disminuir la brecha existente entre la demanda de soluciones habitacionales y la disponibilidad de las mismas, la cual sigue siendo crítica a pesar de la Misión Vivienda llevada adelante por el gobierno nacional.

El déficit habitacional existente en Venezuela está aumentando y no se vislumbra que el mismo pueda ser solucionado a mediano o largo plazo. Ahora bien, el primer eslabón de la cadena productiva de la guadúa incluye la producción de culmos para erección de infraestructura de varios tipos, incluida la de viviendas. En países como Colombia, se ha demostrado que los rendimientos y productividad de la construcción con bambú permiten generar buenas viviendas a bajo costo. Para lograr esto, se requiere sin embargo, influir en la cultura de la población para aceptar este tipo de vivienda y que el gobierno haga o estimule inversiones que permitan contar en los comercios afines a la construcción con los componentes de bambú de manera abundante para masificar su aplicación. Alternativamente, se puede explorar la exportación a países dedicados a la comercialización del bambú. No obstante todas esas dificultades, fue posible

construir más de cien poblaciones en el eje cafetero de ese país.

Los estudios sobre la cadena de producción de la guadúa demuestran la solidez de la misma y demuestran la rentabilidad de los distintos eslabones de dicha cadena por separado. Esto constituye una excelente ventaja para el inicio de la explotación de algunos eslabones de esa cadena que requieran baja inversión para asegurar lo antes indicado sobre la economía de las familias que se dediquen a la explotación de los guaduales. De la misma manera, el mercado asociado con la explotación de guaduales constituye un atractivo para los inversionistas lo cual permitiría ampliar progresivamente dicha cadena, una vez iniciada, y mejorar la economía nacional. China ha demostrado esto y desarrolla dos niveles industriales de diferente complejidad lo cual genera nuevas oportunidades de empleo.

Finalmente, la incorporación de universidades y distintos sectores educacionales del estado en la concientización de la población con relación a la calidad y aceptación de las viviendas de bambú facilitarían significativamente el logro de este primer paso. De esta manera se estimula la formación de mano de obra especializada para manejar adecuadamente la construcción con bambú. En paralelo, se adaptarían las técnicas de autoconstrucción para involucrar las familias en la obtención de sus viviendas, lo cual es un primer paso necesario para el cambio de mentalidad y aceptación de este tipo de material.

V. REFERENCIAS

- [1] Takahashi, J., El bambú y su potencial para desarrollo sostenible en el Perú, Univ. Cientif. Del Sur, jtakahashi@ucsur.edu.pe, 2016.
- [2] SIMON VELEZ: “Símbolo y búsqueda de lo primitivo” ACTUALIDAD Y FUTURO DE

- LA ARQUITECTURA DE BAMBU EN COLOMBIA, www.tdx.cat/handle/10803/6130
- [3] Diana Carolina Espinosa Pérez, LA CADENA DE LA GUADUA EN COLOMBIA, Observatorio Agrocadenas Colombia, Bogotá, Colombia, Actualizado marzo de 2004. <http://agrocadenas.gov.co>
- [4] Oscar De Luna Bugallo, Desarrollo De La Comunidad De Hueytamalco Puebla México A Través Del Bambú Como Material Industrial, Tesis de Maestría, Con Orientación En Gestión E Innovación Del Diseño. México, 2014
- [5] Tibisay Ramírez y Carol Guevara, “Déficit habitacional en Venezuela”, Construcción, CVC, Edición 10, Año. 7, Enero-Julio 2017.
- [6] Datanálisis. Encuesta Omnibus, noviembre 2016, citado en Construcción, CVC, Edición 10, Año. 7, Enero-Julio 2017
- [7] Eduardo Madrigal, Plan Nacional de Vivienda 2017, CVC - Dirección de Infraestructura, Maquinaria Pesada y Energía, Presentación PWP- 2017.
- [8] Nelsson Pérez García, Manuel Rueda González, Gustavo Enrique Rojo Martínez, Rosa Martínez Ruíz, Benito Ramírez Valverde, José Pedro Juárez Sánchez, Ra Ximhai, “El Bambú (*Bambusa Spp.*) Como Sistema Agroforestal: Una Alternativa De Desarrollo Mediante El Pago Por Servicios Ambientales En La Sierra Nororiental Del Estado De Puebla, Septiembre-diciembre, año/Vol. 5, Número 3, 2009.
- [9] Nina Pani Vacacela Albuja Paneles De Bahareque Prefabricado Y Aplicación A Una Vivienda, Trabajo De Grado - Título De Arquitecto, Universidad Estatal De Cuenca, Ecuador, Diciembre 2015.
- [10] Ximena Londoño, Gloria C. Camayo, Néstor M. Riaño, y Y. López, “Caracterización Anatómica Del Culmo de *Guadua angustifolia* Kunth, (Poaceae: Bambusoideae)”, *Bamboo, Science & Culture*, Vol. 16. <https://es.scribd.com/document/228010306/Caracterizacion-Anatomica-Del-Culmo-de-Guadua-Angustifolia-Kunth>
- [11] Añazco, M., S. Rojas, *Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie, Guadua angustifolia*, Quito, Ecuador, Abril 2015
- [12] Corporación Autónoma Región del Cauca – Corporación Autónoma Aldea Global, *Silvicultura y manejo sostenible de la guadua*, 2005. <https://www.google.co.ve/search?q=silvicultura+y+manejo+sostenible+de+la+guadua&aq=chrome..69i57.199783j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- [13] Jairo Alexander Osorio Saraz, Albeiro Espinosa Bedoya, Eduard A. García Galeano, “Evaluación De Las Propiedades Mecánicas De La Estructura Interna De La Guadua Con Un Modelo Matemático”, *DYNA*, Volumen 76, Número 160, p. 169-178, 2009, Nov. 11 2008,
- [14] Andrea Mara Henneberg, La Técnica Constructiva Del Bahareque En El Estado Zulia. Estudio Comparativo. Tesis Grado Arquitecto. University of Zulia, Maracaibo, Venezuela, May 2005, <https://www.researchgate.net/publication/317722058>
- [15] Eilyn Cardozo, Bambú: ¿Una alternativa ecológica para la construcción en Venezuela?, 2017/02/20: <https://www.laopinion.com.co/>
- [16] Contreras, W; J. Rivero, M. Owen y F. Rosso, “Plantación de caña brava (*Gynerium sagittatum*) y bambú (*Bambusa vulgaris*) para la fabricación de insumos constructivos como solución al problema de la vivienda del medio rural venezolano”, *Rev. Forest. Venez.* 45(2) 2001, 219-231.