



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“EL BAMBÚ COMO MATERIAL
ECOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

SÁNCHEZ SANCHEZ JOSÉ MANUEL

ASESOR:

M. en C. MARJORIE MÁRQUEZ VÁZQUEZ

MÉXICO, AGOSTO DE 2013



FES Aragón



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios. Que me dio la oportunidad de llegar a estas instancias de mi vida, de estar conmigo en todo momento y porque sé que no me abandonara nunca y yo a él tampoco.

A la Universidad Nacional Autónoma de México que me dio la oportunidad de pertenecer a ella y poner en alto su nombre, demostrando con mi ejemplo y conocimiento en cualquier parte del mundo que es una institución comprometida con la educación y el crecimiento del País.

A mis padres; Emma Sánchez Martínez y Manuel Sánchez Méndez, quienes me dieron todo para lograr mis estudios; desde la vida hasta el día hoy sin ninguna condición. No hay palabras que describan el enorme agradecimiento que tengo hacia ellos, todo su esfuerzo, dedicación, el mejor ejemplo, la confianza y la fe que tuvieron en mí y mis hermanos. Son mis padres a quienes dedicare todos mis triunfos y está de sobra decir que los amo.

A mis hermanos; Abril Yanin Sánchez Sánchez, Miriam Denise Sánchez Sánchez, William Cesar Sánchez Sánchez; siempre presentes en todas las etapas de mi vida, y sé que siempre estarán ahí para apoyarme y demostrarme su amor, a quienes nunca abandonare no importando las circunstancias.

A karinka Zaragoza Sánchez mi primer sobrina, que amo como a una hija.

Agradezco a Lorena Vences, Luis Sánchez, Yomira Sánchez Vences y Luis Yair Sánchez Vences, que han sido como mi segunda familia y que este respeto y confianza que existe entre nosotros nunca cambie, gracias por su apoyo.

A los profesores Marjorie Márquez Vázquez y Sergio Martínez González quienes fueron mi guía y apoyo para la realización de este trabajo.

A ti; Laura López Mendoza, a quien Dios y la vida te puso en mi camino, y es a ellos que les pido que no te aparten de mí, gracias por este apoyo incondicional, y soportar tanto a mi lado, te amo.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	vi
CAPÍTULO 1. PROPIEDADES Y CARECTERÍSTICAS DEL BAMBÚ	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS	2
1.3 INFLORESCENCIAS Y FLORACION	4
1.4 REPRODUCCIÓN DEL BAMBÚ	6
1.5 CONDICIONES PARA EL CRECIMIENTO DEL BAMBÚ.....	8
1.5.1 Clima.	10
1.5.2 Suelos y Topografía.....	10
1.5.3 Ciclo Vital.....	11
1.5.4 Área de Distribución Natural y de Naturalización.....	11
1.6 PRINCIPALES TIPOS DE BAMBÚ EN EL MUNDO	13
1.7 BAMBÚ EN MÉXICO	19
1.7.1 Reproducción del Bambú en México.	20
1.7.2 Conservación de los Bambúes nativos de México.	22
1.7.3 Los Bambúes del Jardín Botánico F.J. Clavijero.....	24
1.7.4 Caracterización tecnológica de las especies de bambúes en México.....	27
1.7.5 Principales tipos de Bambú en México.	28
CAPÍTULO 2. IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO E INDUSTRIAL DEL BAMBÚ	32
2.1 HISTORIA DEL BAMBÚ.....	32
2.2 IMPACTO SOCIAL.....	35
2.2.1 Utilización de Bambú en Comunidades Indígenas.	35
2.2.2 Las mujeres y el Bambú; Organizaciones no gubernamentales.	37
2.3 IMPACTO ECONÓMICO	38
2.3.1 Efectos Adversos.....	39
2.4 INDUSTRIA DEL BAMBÚ	42
2.4.1 Propiedades para fines industriales.....	43
2.4.2 Características como materia prima.	44
2.4.3 Principales productos derivados del Bambú	46

CAPÍTULO 3. EL BAMBÚ EN LA CONSTRUCCIÓN	53
3.1 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS ELABORADOS CON BAMBÚ	55
3.1.1 Cimientos	56
3.1.2 Estructura.....	57
3.1.3 Pisos, puertas y ventanas	58
3.1.4 Techo.....	59
3.1.5 Canales y desagües	60
3.1.6 Agua potable.	60
3.1.7 Estructura portante.....	62
3.1.8 Concreto reforzado con bambú	63
3.1.9 Paredes y paneles	64
3.2 PROPIEDADES PARA DISEÑO EN LA CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ	67
3.2.1 Propiedades físico-químicas.....	67
3.2.1.1 Peso específico.....	67
3.2.1.2 Conductividad térmica.....	68
3.2.1.3 Tracción. (Propiedad mecánica).....	69
3.2.1.4 Resistencia a compresión. (Propiedad mecánica)	72
3.2.1.5 Resistencia a flexión simple. (Propiedad mecánica)	75
3.2.1.6 Módulo de elasticidad. [E] (Propiedad mecánica)	79
3.2.1.7 Compresión axial.	81
3.3 UNIONES ESTRUCTURALES MÁS COMUNES CON BAMBÚ	89
3.3.1 Uniones a Tracción.....	90
3.3.2 Unión con lámina de acero.....	92
3.3.3 Unión con mortero y varilla.....	93
3.4 EL BAMBÚ COMO MATERIAL SUSTENTABLE PARA LA CONSTRUCCIÓN	94
3.4.1 Sustentabilidad.....	94
3.4.2 El Bambú, material ecológico.	97
3.4.3 La madera más ecológica.	99
3.4.4 Ventajas y desventajas en el uso del bambú.....	102

CAPÍTULO 4. CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ EN MÉXICO	104
4.1 ANTECEDENTES EN MÉXICO	104
4.2 PRINCIPALES ESPECIES PARA LA CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO	106
4.3 INDUSTRIALIZACIÓN Y USOS CONSTRUCTIVOS CON BAMBÚ MÁS UTILIZADOS EN MÉXICO	113
4.3.1 Proyectos en México	116

4.4 CONGRESOS E INSTITUCIONES DEDICADAS AL DESARROLLO DEL BAMBÚ EN MÉXICO	132
.....	
4.4.1 Congresos y acciones	132
4.4.2 Instituciones dedicadas al Desarrollo de la Construcción con Bambú en México	135
4.5 LA ARQUITECTURA DEL BAMBÚ EN MEXICO	145
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	149
ANEXOS	153
REFERENCIAS	159

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos pasados el hombre siempre ha querido satisfacer sus necesidades de todo tipo, una de las principales es la vivienda y ha encontrado materiales con los cuales es capaz de crear estas edificaciones y cada vez con mayor precisión, estética, procesos y también dificultad. Todos estos mecanismos realizados por el hombre para satisfacer sus necesidades como sus comodidades han creado un daño al ambiente por el uso de sustancias contaminantes y de tecnologías que se emplean para obtener materiales para su construcción.

México es un país con una economía emergente y no está exento de estos problemas de contaminación, las construcciones recientes gastan más recursos energéticos y materiales de los que se tienen a su alcance. Para mejorar el entorno es necesario hallar un nuevo modo de crear mejores viviendas con la ayuda de materia prima alternativa, sustentable y de bajos costos.

El trabajo que se presenta a continuación tiene como objetivo principal el enfoque ambiental y a su vez conocer el auge que tiene México con respecto a los materiales alternativos en la construcción, basándose especialmente en un material llamado **bambú**.

En el primer capítulo se muestran aspectos generales y botánicos del bambú, se hace mención a su; crecimiento, distribución geográfica; no sólo en México, sino también a nivel mundial, así como su reproducción y las principales especies bambúes mexicanos e Internacionales.

El segundo capítulo comprenderá un enfoque social, económico e industrial, donde se relata cómo el bambú ha sido parte fundamental de civilizaciones antiguas y cómo la humanidad es capaz de utilizar esta planta para sus necesidades, no sólo de construcción, sino también medicinales y para la creación de instrumentos musicales. Finalmente cómo la sociedad se involucra con el material para un crecimiento económico y cultural.

En el tercer capítulo se muestran los aspectos técnicos en la utilización del bambú y de los elementos que se pueden formar con él, además de exponer sus características físicas y químicas más importantes al momento de su diseño, ya como un elemento estructural.

En el cuarto capítulo se exponen los antecedentes de la construcción en México y de los proyectos más importantes que se han generado, así como, las especies más utilizadas en el país para la edificación de viviendas u otras obras civiles. También se hace mención a las instituciones dedicadas a la conservación y difusión del bambú.

Y como último capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones, que son resultado del trabajo de investigación y cumpliendo con el objetivo principal de este trabajo.

CAPÍTULO 1. PROPIEDADES Y CARECTERÍSTICAS DEL BAMBÚ

1.1 GENERALIDADES

El bambú es una planta versátil y de más rápido crecimiento en el mundo. Capaz de llegar a su madurez en un año. Por lo anterior, se considera el producto forestal, después de la madera, que juega un papel integral en las vidas de las poblaciones rurales y en la economía mundial, pero ha estado entre los recursos naturales más descuidados, incluso su investigación científica ha sido poca.

Estas plantas gigantescas, semejantes a los pastos, se destinan a numerosos usos, *desde construcción de viviendas, escaleras, canastas, herramientas, utensilios, instrumentos, muebles, alimentos, combustibles e incluso papel.*

Complementando, lo anterior, el tejido de las raíces de un bosque de bambú impide la erosión del suelo y minimiza el daño por inundaciones y terremotos.

La dependencia de métodos tradicionales de producción, la desaparición de grandes áreas de bosque y la explotación incontrolada han acabado con el bambú en algunas áreas y han limitado el potencial desarrollo socioeconómico de la industria. Para ayudar a contribuir de alguna forma a la industria del bambú, algunos países productores como China, India, Indonesia, Tailandia, Malasia y Filipinas, han comenzado en años recientes a investigar su Silvicultura y utilización.



Imagen 1.1 Fotografía del tallo de una variedad de Bambú

1.2 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

Se denomina rizomas a las raíces ó sea a la parte subterránea de la planta, la cual proporciona anclaje, almacena nutrientes y constituye el fundamento estructural de la planta; además de que se utiliza como “semilla”, para la reproducción asexual. Según la ramificación del rizoma *McClure* en (1925) propuso los términos simpodial y el monopoidal para los dos grandes tipos de sistemas radiculares de los bambúes, posteriormente, en 1967 cambió estos términos por paquimórfico y leptomórfico.

Por lo tanto las características del rizoma permiten dividir al bambú en dos grandes grupos:

- Grupo 1 (Paquimórfico ó simpodial).
- Grupo II (leptomórfico o monopoidal).

Los paquimórficos son fusiformes, cortos, gruesos, sólidos y promueven el crecimiento de los culmos en grupos o cepas aglutinadas (macolladas). Su cuello puede ser corto o largo; sus yemas laterales producen más rizomas y las yemas axilares solo culmos. Dentro de este grupo se tienen especies como: *Dendrocalmus giganteus*, *Bambusa vulgaris*, *Gigantochloa apus*, *Bambusa textiles*, *Guadua chacoensis*.

Imagen 1.2

Dendrocalmus Giganteus: Bambusa tropical inmensa. Tiene un crecimiento más lento que otras especies de gran tamaño, se obtiene buena madera de calidad.



Imagen obtenida de:

(http://www.bambooman.com.au/bamboo-plants/Bucket_Bamboo_pic_1.html?id=Bucket_Bamboo&pic=1)

Se considera simpodial, ya que forma grupos y está más extendido en los trópicos. Estos grupos se multiplican simétricamente hacia afuera en forma de círculo y los rizomas producen retoños subterráneos conectados directamente con la mata madre.

El tipo leptomórfico son rizomas largos y delgados y raramente sólidos, sus yemas laterales, por lo general, están dormidas o por el contrario, solamente producen culmos. Pocos producen rizomas y su cuello siempre es corto. Este tipo promueve el crecimiento de los culmos en cepas abiertas o culmos aislados. Dentro de estos grupos se tienen especies como: *Phyllostachys aurea*, *Phyllostachys pubescens*, etc. **Imagen 1.3**



Imagen 1.3

El *Phyllostachys pubescens*, es comúnmente denominado bambú de Moso, es un bambú gigante resistente al invierno.

Imagen obtenida de: (<http://www.exotic-plants.de/semillas/Bambu/Phyllostachys-pubescens.php>)

El *Phyllostachys pubescens* se encuentra generalmente en zonas templadas o frías y se describen como el bambú corredor porque envía sus rizomas en todas las direcciones.

Este tipo puede desarrollar anualmente brotes alternos a los lados de cada nódulo aunque, menos del 10 % de los brotes germina, el rendimiento es todavía substancial, los rizomas¹ producen nuevos tallos ya con el diámetro final adulto. **Imagen 1.4**

Imagen 1.4

Imagen de los dos tipos de rizomas Sympodial (A), y el Monopodial (B).

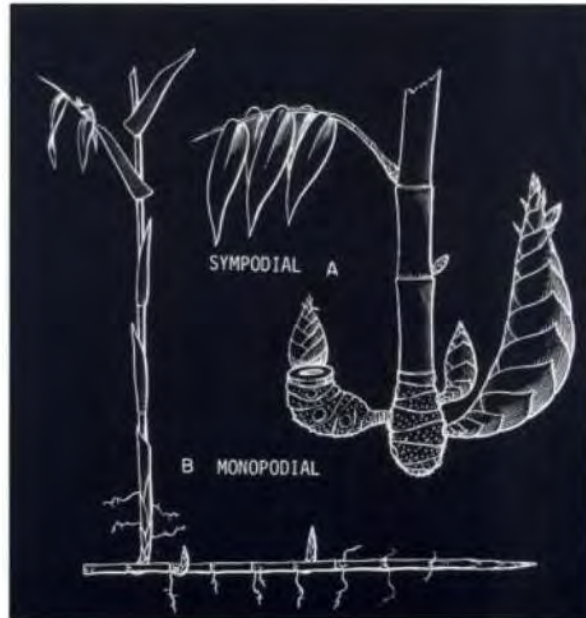


Imagen obtenida

de: (http://www.google.com.mx/search?q=bambu+monopodial&hl=es&rlz=1T4NDKB_esMX528MX530&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=tyhsUbGCGYXSqQGStoDwBA&ved=0CDAQsAQ&biw=1280&bih=897)

1.3 INFLORESCENCIAS Y FLORACIÓN

Dos características de la biología de los bambúes, que los hacen ser plantas extraordinarias, son: la floración y su rápido crecimiento.

Se sabe que algunas especies de bambú pueden llegar a crecer 1.25 cm cada 24 horas, lo cual se ha comprobado experimentalmente en una de las especies más utilizadas de forma ornamental en el mundo, la cual es *Phyllostachys bambusoides*. No obstante, también existen especies que tardan muchos años en crecer hasta llegar a ser plantas adultas.

La floración de los bambúes es algo interesante: la mayor parte de las especies tardan varios años en florecer, a diferencia de las otras gramíneas en las que su florecimiento es generalmente anual.

Se han identificado dos tipos de florecimiento en los bambúes: la *floración esporádica*, en cuyo caso, sólo una o varias plantas de una misma población florece y la floración gregaria, cuando todos los individuos de una especie florecen al mismo tiempo y en diferentes lugares; es decir, si se tienen plantas de una misma especie en diferentes sitios o regiones, cuando “le toca florecer” florecen donde quiera que estén.

Phyllostachys bambusoides y otras especies de China poseen un ciclo de florecimiento de 120 años; lo que significa que durante 119 años las plantas de esta especie permanecen en estado vegetativo y al año siguiente producen flores, quizás una sola vez en varias generaciones humanas; después de ello, las plantas mueren. No se puede saber, actualmente, cuándo producirá flores determinada especie; los índices y ciclos de florecimiento de la mayor parte de las especies de bambúes no son conocidos y no han sido registrados.

Esto ha hecho que en el grupo de los bambúes se encuentren especies en las que hasta ahora no se ha podido definir su estatus taxonómico, es decir, se tienen que esperar hasta que determinada población de alguna especie de bambú produzca flores para poder identificarla correctamente. Sin embargo, ahora ya se cuenta con algunas características vegetativas que ayudan a llevar a cabo una determinación más correcta, como son el largo y ancho de la lámina de la hoja, las variaciones que presenta la hoja caulinar o culmea y la forma y disposición de las yemas y ramas que emergen de los nudos de la planta.

La floración en los bambúes es aún un misterio pues no se sabe cómo opera el mecanismo del tiempo y como es la naturaleza del mecanismo molecular que controla este comportamiento.

El poder ver florecer a un bambú es un evento privilegiado, los bambúes han sido conocidos porque son plantas que pasan la mayor parte de su vida en estado vegetativo, es decir, sin producir flores anualmente como todas las plantas, por eso es considerado aun un misterio para la ciencia. **Imagen 1.5**



Imagen 1.5

Bambusa vulgaris, en floración.

Como ya se mencionó anteriormente, cada bambú de la misma especie así haya sido sembrado en diferentes países, florecerá simultáneamente. Este fenómeno indica el origen común del bambú y la fortaleza del género. El bambú muere después de la florescencia porque las hojas viejas se caen y en vez de ser reemplazadas por nuevas, lo son generalmente por flores. Esto impide que el bambú absorba agua y se nutra, quedando sin fuerza y pereciendo. Aunque las plantas mueren, el bosque sobrevive porque algunos rizomas continúan vivos. Este es el único momento en que la planta puede extenderse por crecimiento sexual, ya que produce semillas y echa raíces. La siguiente familia puede tomar hasta diez años para llegar al tamaño de la generación anterior si el bosque se cuida. Un buen número de plantaciones que florezcan simultáneamente puede acarrear implicaciones económicas graves al privar a la gente de un recurso natural precioso. Muchos proyectos sobre bambú actualmente en curso estudian la forma de restaurar su producción inmediatamente después de la florescencia. Aproximadamente 10 toneladas de bambúes leñosos se pueden cosechar por hectárea y año.

Debido a su período vegetativo se genera numerosos brotes nuevos que crecen fuera del bambú, que incrementan su biomasa en un 30 % por año. Comparando esto con la media de un pinar localizado en una zona media de crecimiento, este produce sólo 4 toneladas. Un bosque europeo de hoja caduca amplía su biomasa un 2-3% por año. La producción media del bambú es 25 veces mayor que cualquier otra madera (peso de material producido por espacio cultivado al año).

Las coníferas necesitan entre 10 y 15 años para crecer y las frondosas entre 50 y 150 años.

1.4 REPRODUCCIÓN DEL BAMBÚ

Los bambúes son plantas que tienen importancia económica, crecen en regiones tropicales y templadas de Asia y América.

Se conocen como las gramíneas más grandes del mundo y se distinguen del resto de ellas por tener un hábito perenne, con sistema de raíces (rizomas) bien desarrollados y con tallos (culmos) casi siempre lignificados y fuertes.

En el mundo existe un total de 89 géneros y 1035 especies, que se distribuyen desde los 46° de latitud norte hasta los 47° de latitud sur y desde el nivel del mar hasta los 4000 metros de altura en los Andes Ecuatoriales, en la formación conocida como páramo.

Imagen 1.6

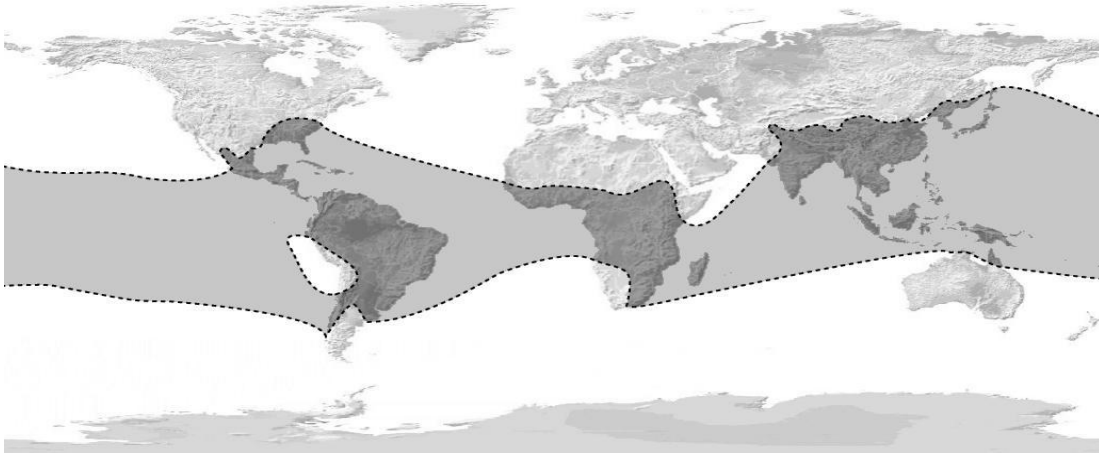


Imagen 1.6

Localización geográfica del bambú, tomando de referencia el ecuador.

Imagen obtenida de: *Curso "Bambú + Muros de tierra"*

Los bambúes pertenecen a los hábitats húmedos de las selvas nubladas y selvas bajas tropicales, aunque algunos crecen en hábitats secos como *Dendrocalamus strictus* del Asia y *Guadua paniculata* de América.

En América existen 45 géneros y 515 especies, es decir, la mitad de la diversidad mundial y se distribuyen desde los Estados Unidos, a lo largo y ancho de Centro y Sudamérica, en las Islas del Caribe, hasta el sur de Chile y desde el nivel del mar hasta alturas de 4000 m.

Con respecto a los bambúes leñosos americanos, la cordillera de los Andes representa el mayor centro de diversidad, observándose una mayor concentración de especies entre los 2000-3000 metros sobre el nivel del mar.

También en Europa existen ya tendencias para la preservación del bambú, en por ejemplo, en las comarcas del sur de Valencia se ha plantado el primer bosque de bambú de España dedicado a la producción de biomasa. El bambú es una planta muy versátil, se puede utilizar para numerosas aplicaciones, entre ellas, la construcción, la industria textil, cosmética y también como principio activo de medicamentos. Otra de las propiedades y posibles usos del bambú es como cortafuegos y para la reforestación de áreas afectadas por incendios, aplicación que podría tener mucho éxito si se desarrollara. **Imagen 1.7**

Imagen 1.7

Bosque de bambú.



Por debajo de los 1000 m. de altitud la diversidad disminuye, observándose un mayor incremento en el número de individuos a nivel de especie y un predominio de los géneros *Arthrostylidium*, *Guadua* y *Rhipidocladum*.

Imagen 1.8

Arthrostylidium es un género de plantas herbáceas perteneciente a la familia de las poáceas. Es originario de América donde se encuentra en el Caribe, Venezuela y Surinam, región del Amazonas y los Andes



1.5 CONDICIONES PARA EL CRECIMIENTO DEL BAMBÚ

A pesar de que el bambú presenta una alta distribución geográfica debido a su alta adaptabilidad a diferentes condiciones de clima y suelos, es decir, se adapta a diferentes condiciones ecológicas y ambientales, **su crecimiento y desarrollo no siempre es igual en todos los lugares, por lo que se puede hablar de calidad de dichos sitios (buenos, regulares y malos) de acuerdo con sus condiciones ambientales y ecológicas.**

La calidad de sitio es un concepto ambiental cuantificable del crecimiento y desarrollo de los bambusales, en términos de factores bióticos como: densidad (número de tallos / ha), estados de madurez, altura, diámetro, sanidad y calidad de maderas con respecto a factores y condiciones donde se presenta dicho crecimiento, como: el clima (temperatura, precipitación, humedad, etc.), las propiedades de suelos y la topografía del terreno. El conocimiento de la calidad del sitio donde crecen los bambusales, es un requisito importante para acertar en su manejo técnico. De acuerdo con las observaciones de campo, los factores que de forma adicional determinan la calidad de los sitios en el desarrollo de los bosques de bambú, *son la calidad genética del material de reforestación, el manejo silvicultural y la influencia antrópica*. Por lo general los suelos francos, fértiles y de buen drenaje, ubicados en valles y zonas onduladas de montaña son los de mejor desarrollo del bambú.

En suelos muy pesados y arcillosos, no crece muy bien la planta.

En cuanto al crecimiento de la planta hay que anotar que los bambúes carecen de tejido de cambium y por eso no presentan crecimiento secundario o incremento en diámetro, solamente tienen crecimiento primario o apical que los hace crecer únicamente en altura rápidamente. **Imagen 1.9**

Imagen 1.9

Estructuralmente el bambú está constituido por un sistema de ejes vegetativos segmentados: rizomas, tallos y ramas, los cuales forman una serie de nudos y entrenudos alternados, que varían en su morfología según que correspondan al rizoma, al tallo o a las ramas, los entrenudos varían también de una especie a otra, particularmente en los tallos, facilitándose por este medio su clasificación.



Imagen obtenida de: *Curso "Bambú + Muros de tierra"*

Comparado con un árbol, los bambúes en general, por ejemplo, *G. angustifolia*, son de rápido crecimiento y de mayor productividad. Generalmente entre los 4 y 6 años la *Guadua*, está lista para ser utilizada y si se maneja adecuadamente, una vez establecida, puede ser productiva ilimitadamente.

Por lo general, el ciclo de crecimiento de un bambú constituye una tercera parte del ciclo de un árbol y su productividad por hectárea es dos veces mayor. Además, los bambúes emergen del suelo con su diámetro establecido, sin presentar incrementos en diámetro con el tiempo como sucede con los árboles.

1.5.1Clima.

El bambú común se puede encontrar con facilidad en áreas con una precipitación anual de entre 1500 y 3800 mm. Las agrupaciones a veces crecen en áreas tan secas que pierden las hojas durante la estación de estiaje.

En las áreas áridas, el bambú común generalmente está restringido a sitios cerca de riachuelos y lugares en donde se filtra el agua y a lugares que reciben el desagüe de los caminos.

1.5.2 Suelos y Topografía.

El bambú común crece mejor en suelos continuamente húmedos y bien drenados, pero puede soportar las inundaciones de corta duración o unos niveles de agua subterránea a 30 cm de la superficie. La especie no soporta inundaciones prolongadas.

En Puerto Rico el bambú común crece en los suelos en donde el pH oscila entre 4.5 y 7.5. A pesar de que este tipo de bambú es tolerante a la alta salinidad, no soporta la sal libre en el suelo. Crece en suelos de cualquier textura si existe suficiente humedad. Las arcillas o suelos arcillosos densos son más apropiados para su crecimiento que los suelos arenosos, porque aquellos retienen más humedad durante los períodos secos y requieren de menos irrigación durante la fase de establecimiento.

1.5.3 Ciclo Vital.

Reproducción y Crecimiento Inicial

Flores y Fruto. El bambú común florece muy rara vez. Es más, no existen registros históricos de observación de flores de bambú en muchas partes del mundo. Sin embargo, existen reportes esporádicos sobre florescencias durante los últimos dos siglos en Asia y Oceanía. Se reportó que agrupaciones de bambú común floreciendo ocasionalmente se pueden encontrar en algunas áreas de su distribución al principio de la temporada lluviosa, y que estas flores son estériles. Como en el caso de otros tipos de bambú, dichos eventos de florescencia resultan en la muerte de la caña y su rizoma.

Producción de Semillas y su Diseminación. No existe información sobre la producción de semillas, ya que es muy rara o inexistente en muchas áreas. La diseminación de semillas probablemente ocurre mediante la fuerza de gravedad, el agua, las aves y los roedores como en el caso de otras gramíneas y otros tipos de bambú.

Desarrollo de las Plántulas. No existe información específica sobre la germinación y el desarrollo de las plántulas del bambú común. Si se tienen semillas disponibles, se recomienda el uso de plántulas de 1 ó 2 años de edad en contenedores o como trasplantes del vivero.

Reproducción Vegetativa. El bambú común se propaga vegetativamente mediante varios métodos. El más usado comúnmente es el de cortar una caña arriba del segundo o tercer nudo, excavando conjuntamente el rizoma y cortándolo con una hacha para separarlo del resto.

Estos explantes se plantan con la cepa expuesta. Poco tiempo después, las yemas, en condición latente en los nudos de la base, producen ramas con hojas, y algunos meses después, nuevas cañas emergen del rizoma subterráneo. Este tipo de propagación tiene una probabilidad muy alta de éxito, pero es costosa debido a la cantidad de trabajo manual requerido para excavar los rizomas. Una variación de este método consiste en usar pedazos de rizomas. En esta variación, el propágulo consiste de unos pocos centímetros de la parte inferior de la caña y la parte superior del rizoma.

1.5.4 Área de Distribución Natural y de Naturalización.

El bambú común se encuentra solamente bajo cultivo o como un residuo de cultivos. A pesar de que se desconoce su punto de origen exacto, su área de distribución natural se encontraba en el sur de Asia. La especie ha sido cultivada en Asia por muchos siglos. Las

áreas que habrían sido su hábitat original han sido taladas para la agricultura o profundamente alteradas por la tala y quema.

El bambú común se cultiva hoy en día hasta cierto punto a través de los Trópicos húmedos. Fue introducido en Puerto Rico por lo menos hace 150 años. El área ocupada por el bambú plantado en Puerto Rico, en su mayoría a lo largo de caminos y riachuelos, es de aproximadamente 1000 hectáreas. El bambú común se esparce muy poco por su propia cuenta (excepto a medida que se expande el macizo de cañas) en estos nuevos hábitats, pero una vez establecido puede persistir indefinidamente.

El bambú crece sobre todo en regiones tropicales y subtropicales, desde el nivel del mar hasta las zonas cubiertas por nieves perpetuas; sólo algunas especies se extienden hasta las regiones templadas.

Es muy abundante en el sureste de Asia y existen también algunas especies en América y África. **Imagen 1.10**



Imagen 1.10

Distribución Geográfica Los bambúes se encuentran en forma silvestre en Asia, África, Australia y América, en áreas tropicales, subtropicales y en algunas zonas templadas principalmente.

Imagen obtenida de: *Curso "Bambú + Muros de tierra"*

1.6 PRINCIPALES TIPOS DE BAMBÚ EN EL MUNDO

En todo el mundo existen diversos tipos de bambúes que se reproducen en diferentes regiones de acuerdo a sus características y el modo de reproducción.

Tabla 1.1 Clasificación de los bambús más comunes en el mundo.




NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
<p>BAMBUSA OLDHAMII <i>(Dendrocalamus oldhamii)</i>,</p>	<p>Origen: sur de china; Altura promedio: 18 m.; Diámetro promedio: 4 pulg. Usos: comestible, jardinería, muebles, estructuras livianas; Tamaño mediano, rápido crecimiento, culmos rectos, tolerancia al frío. * resiste -9°C</p>	
<p>BAMBUSA TEXTILIS (weaver's bamboo)</p>	<p>Origen: china, Altura promedio: 12 m. Diámetro promedio: 2 pulg. * resiste hasta -10°C Tiene hojas de tamaño variable: 10 a 25 cm. de largo tamaño gigante. Exigencias: Requieren de calor veraniego. Utilizaciones: Además de ornamental es también muy utilizado en artesanía, muebles, estructuras livianas y control de erosión.</p>	
<p>BAMBUSA VULGARIS VAR. STRIATA (<i>Bambusa striata</i>, <i>Bambusa vulgaris</i> 'Vittata')</p>	<p>* resiste hasta -3°C Culmos y ramas de color amarillo vivo estrías de verde oscuro. Es uno de los bambús ornamentales más difundido en el mundo. Utilizaciones: Bosquecillos aislados.</p>	

Tabla 1.1 Clasificación de los Bambús más comunes en el mundo. Continuación.

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
<p>CHIMONOBAMBUSA QUADRANGULARIS(<i>Bambusa quadrangularis</i>, <i>Tetragonocalamus angulatus</i>)</p>	<p>Origen: China,</p> <p>* resiste hasta -15°C.</p> <p>Follaje y retoños nuevos quedan dañados a partir de -10° C.</p> <p>Exigencias: Reservar para este bambú un local abrigado, pues sus jóvenes retoños que aparecen en el otoño se resienten de las heladas fuertes.</p> <p>Utilizaciones: Macizos, jarrones, maceteros.</p> <p>Particularidades: Este bambú es original debido a sus tallos de sección cuadrangular pero también muy decorativos por su follaje en cascada.</p>	
<p>DENDROCALAMUS ASPER (<i>Bambusa aspera</i>, <i>Gigantochloa aspera</i>, <i>Dendrocalamus flagellifer</i> y <i>Dendrocalamus marrillianus</i>)</p>	<p>Origen: Tailandia, Altura promedio: 25 - 30 m., Diámetro promedio: 6 pulgadas</p> <p>Usos: Paisajismo por su exuberante follaje, muy apreciada en la construcción, muebles, es comestible, utilizada para el control de la erosión.</p> <p>Se encuentra en altitudes de 0-1 500 msnm y se adapta a suelos secos y húmedos, creciendo mejor en suelos ricos.</p> <p>Tolera bajas temperaturas de hasta -3°C.</p> <p>Dentro de las especies de este género, <i>Dendrocalamus asper</i> se destaca por la excelente calidad y resistencia de su “madera”.</p>	

Tabla 1.1 Clasificación de los Bambús más comunes en el mundo. Continuación.

<p>DENDROCALAMUS STRICTUS. “Bambú macho”</p>	<p>Origen: India, Porte: 18 metros, Diámetro de los culmos: 12 cm., Entrenudos de 30 a 45 cm. de longitud.</p> <p>Florecimiento entre los 25 y 45 años.</p> <p>Usos: Material de construcción y para hacer muebles, Canastos y bastones, Producción de celulosa para papel, Las hojas se usan para forraje. Ésta es la única madera de bambú que una vez curada, puede ser clavada sin agrietarse.</p> <p>Los renuevos y las semillas son comestibles.</p>	
<p>GUADUA CHACOENSIS (<i>guadua atlántica</i>)</p>	<p>Origen: Brasil, valle del Chaco, Altura promedio: 30 m., Diámetro promedio: 6pulg.</p> <p>Usos: Construcción, muebles, control de erosión, reforestación.</p> <p>Características: tamaño gigante, muy espinoso con características similares al <i>Dendrocalamus asper</i> en cuanto a calidad y fuerza.</p> <p>Como en la mayoría de los países Latinoamericanos, la explotación de la misma se confina al uso local de especies nativas en áreas cercanas a la zona donde crecen.</p>	
<p>OTATEA ACUMINATA(Otate, Otamecate)</p>	<p>Es un género que agrupa a bambúes encontrados desde México a Centroamérica y Sudamérica. El nombre deriva del náhuatl Otlatl, que significa “CAÑA”, de las cuales el más conocido es el llamado “Bambú mexicano que llora”</p> <p>Distribución: México, El Salvador, Honduras y Nororiente de Colombia.</p> <p>Altitud: 200 a 2700 m.,</p> <p>Hábitat: Bosques secos tropicales</p>	

Tabla 1.1 Clasificación de los Bambús más comunes en el mundo. Continuación.





<p>PHYLLOSTACHYS AUREA "Bambú dorado" (traducción literal y engañosa del nombre en latín)</p>	<p>Origen: Este de China, introducido en Taiwán y en Japón hace mucho tiempo. * resiste a -20°C (follaje maltratado a partir de -12°C con viento frío y seco) Exigencias: Se da bien en todas las condiciones; soporta sin daños una sequía relativa. Utilizaciones: Cercos libres o recortados, matorrales, maceteros. Particularidades: Sus culmos y su follaje denso de la base al tope hacen una excelente imagen de verdor.</p>	
<p>PHYLLOSTACHYS NIGRA (<i>Phyllostachys puberulavar., nigra. Bambusa nigra</i>)</p>	<p>Origen: Taiwán, China (Fujian, Hubei, Guangdong) * resiste -20°C, pero el follaje es afectado a partir de -12°C En condiciones muy buenas los tallos pueden alcanzar los 7 cm de diámetro. Generalmente el diámetro se sitúa entre los 2 y 4 cm Utilizaciones: Cercos vivos que estén protegidos del viento.</p>	
<p>PSEUDOSASA JAPONICA (<i>Arundinaria japonica. Bambusa metake. Bambú flecha</i>)</p>	<p>Origen: China, Japón, Corea, * resiste -24°C Tallos finos y muy rectilíneos creciendo en bosquesillos en forma de sierra. Grandes hojas verde oscuro brillante por encima, 10 a 30 cm de largo por 1,5 a 2,8 cm de ancho. Utilizaciones: Cercos vivos libres o recortados, maceteros. Puede vivir en interiores. Ideal para jarrones y maceteros.</p>	
<p>FARGESIA</p>	<p>Clima templado, algunas especies resisten 30°C. No les gusta el pleno sol. *Fargesia denudata Tº min. -20°C., alturamáx. 4,5m. diámetro de la caña 1,5cm.</p>	

Tabla 1.1 Clasificación de los Bambús más comunes en el mundo. Continuación.


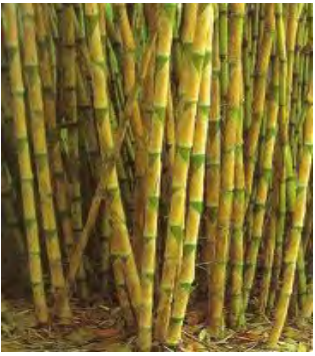


<p>BAMBUSA</p>	<p>Clima tropical, temperatura óptima superior a 18°C.</p> <p>*<i>Bambusa pervariabilis viridistriata</i>. Tº min.-5°C altura max.13m diámetro de la caña 6cm.</p>	
<p>CHUSQUEA</p>	<p>Nativos del sur de México al sur de Chile y Argentina. Los tallos de estas especies son sólidos y no huecos.</p>	
<p>DREPANOSTACHYUM</p>	<p>Es un género de bambú de tamaño mediano encontrado frecuentemente en climas montañosos.</p> <p>*<i>Drepanostachyum falcatum</i>(bambú azul). Tº min.-12°C altura max.4m diámetro de la caña 2,5cm.Prefiere sombra parcial.</p>	
<p>HIMALAYACALAMUS</p> <p>*<i>Himalayacalamus falconeri</i> 'Damarapa'(bambú rojo).</p>	<p>Tº min. -9°C. Altura máx. 5m.</p> <p>De color rojo con tiras verdes o azules .Originario de China. Pleno sol o sombra parcial.</p>	

Tabla 1.1 Clasificación de los Bambús más comunes en el mundo. Continuación.

<p>AMPELOCALAMUS</p>	<p>Comprende pequeños bambús tropicales, encontrándose la mayoría en el sur de China.</p> <p>*<i>Ampelocalamus scandens</i> Tº min.-5ºC altura max.5m diámetro de la caña 1,5cm. Originario de China.</p>	
<p>DINOCHLOA</p>	<p>Se encuentran en los bosques de Malasia. Crecimiento muy rápido.</p>	
<p>SCHIZOSTACHYUM</p>	<p>*<i>Cephalostachyum pergracile</i> Tº min.-1ºC altura max.9m diámetro de la caña 5cm. En Thailandia se usa para dar más sabor al arroz.</p>	

La mayoría de bambús se encuentran en bosques tropicales, subtropicales o en clima templado, y aunque muchos de ellos sobreviven a temperaturas muy bajas, la temperatura óptima para su buen desarrollo es por encima de los 18ºC y una humedad relativa media-alta.

1.7 BAMBÚ EN MÉXICO

En México no se ha considerado al bambú como un recurso natural aprovechable y por esto mismo se le destruye y no se fomenta su cultivo, dando preferencia a otros productos considerados más redituables, ocasionando que las áreas cubiertas por este recurso vayan disminuyendo y en muchos lugares donde alguna vez existieron, hayan desaparecido por completo.

Usar el bambú para construir viviendas en México no es ninguna novedad, es una costumbre utilizada por numerosos pueblos, mucho antes de la conquista. Los *Totonacas* en Veracruz, los *Huastecos* en Hidalgo y Tamaulipas, los *Aztecasy Teotihuacanos* en el centro de México y los *Maya-Chontales* en Tabasco, han construido casas con este material y lo siguen haciendo aún en estos días. Las especies que se utilizaron para este fin son el *otate* y el *tarro* (*Otatea acuminata* y *Guadua aculeata*).

Imagen 1.11

El códice azteca llamado “Matrícula de Tributos”, hace referencia al uso generalizado del bambú *otate* en la región centro de México.



Imagen obtenida de: *Curso “Bambú + Muros de tierra”*

Los bambúes que existen en México son: *Chusquea muelleri* en el centro de Veracruz y sus tallos no tienen más de 70 cm de alto y 50 mm de diámetro. Las hojas de los bambúes también varían de las del resto de las gramíneas.

Aunque los bambúes se asocian generalmente con las culturas orientales, también existen muchas especies en África y América; Sin embargo, el conocimiento de las especies americanas aún dista de ser completo. *Judziewicz et al. (1999)* reportan para América 21 géneros y 345 especies, que se localizan desde el sur de Estados Unidos, en México, a lo largo y ancho de Centro y Sudamérica, en las Islas del Caribe, y hasta el sur de Chile.

Durante muchos años, los bambúes de **México habían permanecido prácticamente desconocidos**; los únicos tratados con los que se contaba habían sido escritos en el siglo pasado y sólo dos o tres estudios se referían a algunas de las especies mexicanas. Afortunadamente, en la actualidad ya se cuenta con más y mejores estudios sobre los bambúes de México y el mundo, que han esclarecido el estatus taxonómico de la mayor parte de las especies.

Ahora se conoce la mayor parte de las especies mexicanas de bambúes, su distribución y los rasgos característicos de cada especie. Sin embargo es necesario destacar que como otras muchas especies vegetales, algunas de las poblaciones de bambú silvestre corren el riesgo de desaparecer debido a la tala inmoderada de nuestros bosques y selvas, sobre todo si se trata de especies de las cuales se conoce una sola localidad. Seguramente el número de especies descritas para México aumentaría si se pudiera contar con más colecciones, principalmente de Chiapas, Oaxaca y Veracruz donde se encuentra el mayor número de las especies descritas.

El siguiente paso es continuar explorando e iniciar un estudio acerca de las especies nativas que pueden ser utilizables comercialmente, basándose en el uso tradicional que las poblaciones humanas realizan de algunas especies.

1.7.1 Reproducción del Bambú en México.

De los bambúes se ha pensado erróneamente que son habitantes de lugares con clima cálido, la gran mayoría de los bambúes viven en zonas montañosas donde las temperaturas pueden bajar hasta cero grados centígrados. En México las especies del género *Guadua* crecen desde el nivel del mar y hasta los 900 m de altitud. *G. angustifolia*, una especie introducida que vive generalmente entre los 500 y los 1500 m de altitud. *Rhipidocladum racemifloru* uno de los bambúes de amplio rango en América, crece normalmente entre los 900 y los 1400 msnm y la mayor parte de las especies de *Chusquea* viven entre los 1500 y los 2300 msnm. Particularmente, *Chusquea perotensis* ha localizado entre los 2150 y los 2300 msnm.

Muchos bambúes en México habitan las orillas de los ríos y arroyos debido a la necesidad de agua para el desarrollo de la planta. Tal es el caso de *G. longifolia* que es exclusiva de este tipo de hábitat y que se podría pensar en que se trata de un bambú más bien acuático, *G. longifolia* ocupan grandes extensiones de espacio en la orilla de los ríos más grandes de México.

Una gran variedad de las *Chusqueas* de México prefieren también este tipo de condiciones y casi en cualquier barranca o cañada de las montañas tendrá una o dos diferentes. *Aulonemia fulgorono* crece en cañadas, pero sí en áreas de Veracruz y Oaxaca donde las neblinas son frecuentes.

Los bambúes de las Selvas Altas Perennifolias son: *Chusquea simpliciflora*, *Guadua longifolia*, *Rhipidocladum bartlettii*, *Olmeca reflexay Olmeca recta*; por lo que las variedades *G. longifolia* y *Olmecarectason* las que predominan en Veracruz, Oaxaca y Chiapas. En el bosque mesófilo se pueden encontrar a *Chusquea glauca*, *Arthrostyloidium excelsum* y *Aulonemia clarckiae*. Así también *Chusquea perotensis* que solo habita las orillas de los arroyos del Cofre de Perote en Veracruz, *Aulonemia clarckiae* de la cual solo se conocen aproximadamente 20 plantas en Chiapas entre otras.

Existen especies mexicanas de bambú suelen ser las plantas que predominan en el área donde crecen:

- *Otatea acuminata* forma grandes extensiones en varios de los estados de la vertiente del Pacífico, es particularmente abundante en Colima, Jalisco y Nayarit donde a las poblaciones se le asigna el nombre de *otatales*.
- *G. longifolia* por su parte forma – jimbales – de varios kilómetros en el río Usumacinta en Chiapas, *Otatea fimbriata*.
- *Rhipidocladum pittieri* viven también en amplias comunidades en Chiapas. En contraste de *Aulonemia clarckiae* solo conocemos una pequeña población en México,
- *Chusquea glauca* crecen en pequeñísimas poblaciones en Veracruz.
- *Olmeca* es un género con dos especies presentes y endémicas de México, caracterizado por presentar frutos carnosos (**característica compartida sólo con cuatro especies en el mundo**), habita las selvas húmedas de Veracruz y Chiapas, teniendo hasta hace algunos años su mayor presencia en las selvas altas de la región de Uxpanapa.

Las cinco especies del género *Guadua* que habitan en México, son las más grandes y frondosas de los bambúes mexicanos. En particular, *G. aculeata* llega a medir 25 m de alto y tener un diámetro de 25 cm; ha sido utilizada tradicionalmente en la **construcción de viviendas rurales**, principalmente en el norte del estado de Veracruz.

La presencia de espinas en los nudos de tallos y ramas es una característica para distinguir las especies de *Guadua* de los otros bambúes nativos. *Chusquea* es el género de bambúes más diverso en el mundo; es un género americano que incluye unas 200 especies, 17 de las cuales se encuentran en México y habitan principalmente las montañas húmedas de Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Jalisco, aunque se ha encontrado una especie que vive en las montañas de Nuevo León. *C. muelleri*, *C. perotensis*, *C. bilimekii*, *C. circinata*, *C. aperta*, *C. repens* y *C. glaucason* endémicas de México y en algunos casos sólo se conocen de poblaciones confinadas a uno o dos sitios; por ello se puede considerar que algunas de estas especies pudieran estar en peligro de extinción.

Sólo se conoce una reducida población de *Merostachys*, situada en el estado de Chiapas, de las que aún no se conocen sus flores y por tal motivo no se puede determinar su estatus taxonómico. *Rhipidocladum* es un género con cuatro especies en México que se distribuyen desde Tamaulipas hasta los límites con Guatemala; es un género cuyas especies son más o menos abundantes.

Del género *Arthrostylidium* sólo se tiene reportada una especie, *Aexcelsum*, que crece silvestre en tres o cuatro localidades de Chiapas.

Otatea tiene dos especies y es el bambú leñoso y nativo de México más abundante en cuanto a sus poblaciones; ocupa grandes superficies en donde muchas veces es la única planta que crece. *O. acuminata* es la especie más utilizada por las poblaciones rurales de México, pues con sus tallos se construye el bahareque (mezcla de tallos de esta especie con lodo y zacate) que sirve como paredes de viviendas tradicionales principalmente en los estados de Jalisco y Veracruz.

Del género *Aulonemia* se tienen tres especies que habitan principalmente las montañas húmedas de Oaxaca, Veracruz y Chiapas; se trata en general de bambúes con su tallo principal no mayor de 3 cm de diámetro y son plantas poco conocidas por los botánicos y poco abundantes en los lugares donde crecen. Dos especies son endémicas de México: *A. fulgor* y *A. laxa*.

1.7.2 Conservación de los Bambúes nativos de México

El proyecto BOTA (Bamboo of the Americas), hoy dependiente de la American Bamboo Society, inició a finales del año 2002 una serie de acciones encaminadas a estudiar y documentar los bambúes nativos del continente. La idea general es tener un panorama más amplio sobre las especies nativas y que todos los interesados con el bambú tengan una idea más clara de lo que presenta el mundo del Bambú. La conservación de estas especies es su principal objetivo.

Uno de los primeros proyectos de BOTA fue análisis, conservación y estudio de las especies de México. El estudio está en proceso y abarca las 36 especies presentes en el territorio. Una colección de herbario y una colección de plantas vivas tienen como base los resultados del mismo.



Imagen 1.12 Las diferentes especies nativas de bambú se distribuyen en 23 Estados de la República Mexicana, pero la mitad de la riqueza de especies se concentra en sólo cuatro Estados: Chiapas (17%), Veracruz (14%), Oaxaca y Guerrero, con el 13% y 7% respectivamente.

Diariamente se pierden cientos de hectáreas de bosques y selvas primarias en el mundo, México no es la excepción, Chiapas, Veracruz y Oaxaca ocupan los primeros lugares en deforestación, desafortunadamente también ocupan los primeros lugares en cuanto a la biodiversidad animal y vegetal. La mayor parte de nuestras 36 especies de bambúes se localizan en esos tres estados, así como las especies endémicas. Afortunadamente los bambúes son plantas relativamente fáciles de propagar, muchas de las especies nativas son plantas estéticas que pudieran servir como ornamentales; la reproducción vegetativa con el grupo de los bambúes está siendo cada día más entendida gracias a los diferentes viveristas y propagadores de bambú, pero muchas veces las plantas no responden a las condiciones medioambientales nuevas para ellos y mueren, ya sea por exceso de agua y por falta de la misma, o bien por una temperatura diferente.

1.7.3 Los Bambúes del Jardín Botánico F.J. Clavijero.

El Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero situado en la ciudad de Xalapa, ocupa un área de aproximadamente 7 hectáreas donde se han plantado desde mediados de 1975, un número considerable de especies de plantas características del centro del estado de Veracruz. El Jardín se encuentra situado aproximadamente a 1300 msnm en un clima más bien húmedo donde las epifitas y árboles mesófilos son frecuentes. El Jardín Botánico es un área pública administrada por el Instituto de Ecología A.C., no es el único Jardín Botánico con plantas de bambú en México, pero sí el que más bambúes tiene.

Inaugurada en Noviembre del 2005, la Colección Nacional de Bambúes Nativos forma parte de las colecciones científicas del Jardín Botánico. Las plantas fueron llevadas desde diversas localidades del país para ser cuidadas por el personal del jardín y estudiadas por botánicos de México y del extranjero. Varias de las especies presentes son únicas de México y de distribución geográfica restringida. Aun de tamaño pequeño, la mayoría de los bambúes nativos de la Colección deben de cuidarse con esmero.

Imagen 1.13

***Bambusa oldhamii*. Escritos y dibujos marcados con navaja.**



Los primeros bambúes cultivados en el Jardín se encuentran situados en la orilla del arroyo que lo delimita lateralmente; destaca *Bambusa oldhamii* por su gran altura y lo apretado de sus culmos que forman un macollo compacto. De tonos glaucos en la base, los grandes tallos terminan en puntas ligeramente dobladas y largas ramas cuelgan desde lo alto. Es fácil reconocer este bambú ya que ha sido objeto de vándalos que han rayado con navaja los entrenudos inferiores. Tres plantas de *Bambusa vulgaris* var. *striata* crecen con gran vigor cerca de la primera especie. Caracterizado por sus culmos amarillos con vetas verdes, *B. vulgaris* fue uno de los primeros bambúes introducidos en México.

Mezclado entre las plantas de *B. vulgaris*, existen dos bambúes nativos, el primero es la especie *Guadua amplexifolia* conocido en la región centro de Veracruz como *caña vaquera*, si se observa en la con detalle sus hojas se puede entender el porqué de la segunda palabra de su nombre científico, la especie tiene las hojas más anchas de los bambúes de México. **Imagen 1.14**

La caña *Bambusa oldhamii* floreció entre 1984 y 1987 sin producir semillas, tampoco la planta murió como ocurre con muchos bambúes la cual fue sembrada de frutos carnosos traídos de Sontecomapan, Veracruz.

Imagen 1.14

La planta fue llevada desde el poblado de Monte Blanco, donde fue sembrada para la construcción de muebles y artesanías. En condiciones normales *G. amplexifolia* crece hasta 20 m de alto, no se sabe porqué la planta del jardín ha permanecido de un tamaño mucho menor por varios años.



Crece también cerca de la región donde nace la *G. amplexifolia* la única especie endémica de bambú de Veracruz y se trata de: *Olmeca recta* conocida en Los Tuxtlas como *zongón* y en Uxpanapa como *-jimba-*, las plantas de esta especie luchan por sobrevivir entre los fuertes rizomas de las matas de *B. vulgaris* que le quita nutrientes y luz.

De culmos huecos y quebradizos, se puede reconocer por erecto de los tallos y la permanencia de la base de las hojas caulinares caracterizadas por la presencia de pelillos endurecidos que lastiman los dedos cuando se toca. *O. recta* crece mejor a pleno sol por lo que sería recomendable trasladarla a otro sitio del jardín.

Imagen 1.15

Chusquea liebmannii, base de los culmos con raíces en forma de espina.

De las cinco especies de *Guadua* presentes en México se han podido reconocer a cuatro: *G. longifolia* es un bambú semi-acuático muy abundante en la orilla de los ríos que desembocan en el Golfo de México, sus agudas espinas y sus culmos arqueados desde la porción media lo identifican en las regiones naturales donde vive.

G. aculeata es el mayor y más robusto bambú nativo de México, conocido como *tarro* en Veracruz y Puebla, ha sido muy utilizado en la construcción de viviendas tradicionales. De



G. velutina, se puede decir que es una especie muy semejante a la ya descrita *G. amplexifolia* y solo apreciablemente diferente por las vellosidades de sus pseudoespiguillas.

De las *chusqueas* destacan 3 plantas de *C. nelsonii* con sus delicadas hojas verdes y ramas laterales. Una planta de *C. bilimekii* intenta sobrevivir y por el contrario *C. perotensis* se ha adaptado adecuadamente al clima de la región; ambas son nativas del Cofre de Perote y son bambúes endémicos de México. Se pueden observar a *C. foliosade* Chiapas, donde crece como maleza y es usada en la fabricación de canastos, esta *Chusqueaes* uno de los bambúes nativos con tallos sólidos más fuertes de México. Con sus raíces en forma de espina en los nudos inferiores *C. liebmanni* se encuentra también en la colección, la especie es uno de los bambúes mexicanos con amplia distribución en el país y adaptable a varios climas. Una planta de *C. muelleri* está presente, característicamente pequeña la especie se encuentra restringida a lugares conservados de los bosques mesófilos de Veracruz y Oaxaca principalmente.

De las 47 plantas sembradas hasta diciembre de 2005 en la colección, se observan a 14 matas de *chiquian*, conocido científicamente como *Rhipidocladum racemiflorum*, es un elegante bambú nativo que está siendo comercializado como ornamental en Veracruz, sus características ramas en abanico le dan un porte digno de ser cultivado en cualquier jardín. En la misma área se aprecian dos plantas de *R. pittieri*, siempre mucho más robusto que la primera, este bambú crece abundantemente en varias regiones de Chiapas, y es común en los cerros que rodean la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Nativo de la Selva Lacandona y como una especie hermana a *R. pittieri*, se observa *R. bartlettii*, las condiciones de la vegetación de la Selva lo hacen tener un aspecto diferente en cuanto a tamaño y grosor, casi siempre se encuentra presente en el estrato arbustivo de las Selvas Altas Perennifolias de México, Belice y Guatemala.

Otatea glaucaes el bambú mexicano recientemente descrito como una especie nueva, es una planta silvestre que se encuentra en una pequeña ladera de un cerro en la sierra del Soconusco en Chiapas, afortunadamente es fácil de cultivar y se encuentra viviendo en varios jardines botánicos de Estados Unidos. La planta del jardín Clavijero es la única sembrada en México. Los tonos blanquecinos de sus entrenudos indican el significado de su nombre en latín. Uno de los bambúes más comunes de México es *Otatea acuminata*, el otate crece silvestre, principalmente en las montañas de la Sierra Madre Occidental, aunque varias poblaciones son conocidas en Veracruz, Oaxaca y Puebla. *O. acuminataes* en definitiva el bambú silvestre más usado en México.

Con el número 40 de la colección se sitúa *Olmeca reflexa*, quizá uno de los bambúes en peligro de extinción más vulnerables por su dependencia de los árboles aledaños; sus anchas y lustrosas hojas verdes le dan un aspecto semejante a una palma. La pequeña planta en el jardín aún está en proceso de adaptación, pues las bajas temperaturas y el tipo de suelo del Jardín Botánico son muy diferentes a los de su hábitat natural.

Imagen 1.16 *Rhipidocladum bartlettii*. Hoja caulinar caediza, dejando al descubierto la yema en forma de abanico.



Dos pequeñas plantas de *Aulonemia fulgorintenta* sobrevivir en el Jardín, esta *Aulonemia* es uno de los bambúes más raros que existen en América. La combinación de rizomas paquimorfos y leptomorfos lo han hecho ser objeto de estudio por científicos interesados en su morfología y clasificación. Futuros estudios de su anatomía foliar lo definirán más adecuadamente con respecto a las otras especies del mismo género.

1.7.4 Caracterización tecnológica de las especies de bambúes en México.

La mayor carencia de información se da precisamente sobre las propiedades físicas y mecánicas en los bambúes de México. Igualmente se requieren trabajos de biodeterioro y preservación para incrementar su durabilidad. Es recomendable determinar los datos básicos, las propiedades por estudiar para obtener una caracterización lo más completa posible serían las que se muestran en la **tabla 1.2**

Tabla 1.2 Tabla de datos básicos para determinar propiedades físicas y mecánicas.

PROPIEDADES FÍSICAS	PROPIEDADES MECÁNICAS
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Densidad Básica ◆ Contracciones ◆ Secado ◆ Contenido de humedad 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Flexión estática ◆ Compresión paralela a la fibra ◆ Tensión en pequeñas probetas ◆ Cortante paralelo a la fibra ◆ Impacto ◆ Dureza "Janka" ◆ Extracción de clavos

Para efectuar las pruebas de la lista citada se tratarán de ajustar las pruebas de las normas ASTM D 143-94 para pequeñas probetas de madera o con alguna de las normas que se utilizan en el continente asiático.

1.7.5 Principales tipos de Bambú en México.

En América se reconoce como el área de mayor grado de endemismo y diversidad el sur del estado de Bahía, en Brasil, con un total de 22 géneros, de los cuales cinco son endémicos. Le sigue en diversidad la parte sur de Mesoamérica, o sea la región comprendida entre Costa Rica y Panamá, con 21 géneros, presentando alta diversidad pero bajo endemismo. **México ha sido clasificado como de “moderada diversidad” (Soderstrom, et al., 1988)** pues tiene ocho géneros y 35 especies de bambúes leñosos y tres géneros con cuatro especies de bambusoides herbáceos que habitan principalmente los estados del sureste, a una altitud que va desde el nivel del mar hasta casi 3 000 m.

TABLA 1.3 Géneros y especies de Bambúes nativos de México

GENERO	ESPECIE	GENERO	ESPECIE
Aulonemia	A. clarkiae Davidse & Pohl. A. fulgor Soderstrom * A. laxa (Maekawa)McClure * 82	Merostachys	M. afinpauciflora *
Arthrostylidium	A. excelsum Griseb.	Olmeca	O. recta Soderstrom * O. reflexa Soderstrom *
Guadua	G. aculeta Rupr. Ex Fournier G. amplexifolia J.S. Presl. G. longifolia (Fourn.) R. Pohl G. paniculata Munro. G. velutina Londoño & Clark *	Otatea	O. acuminata (Munro) Cald. & Sod. O. acuminata ssp. acuminata O. acuminata ssp. aztecorum O. fimbriata Soderstrom O. glauca L.Clark & Cortés *
Chusquea	C. aperta L.Clark * C. bilimekii Fournier * C. circinata Soderstrom & Calderón * C. coronalis Soderstrom & Calderón C. foliosa L.Clark C. galeottiana Ruprecht ex Munro * C. glauca L.Clark * C. lanceolata A.Hitchcock C. liebmannii Fournier C. longifolia Swallen C. muelleri Munro * C. nelsonii Scribner & J.G. Smith C. repens L.Clark & Londoño * C. repens ssp. repens C. repens ssp. oaxacacensis C. perotensis L.Clark, Cortés & Cházaro * C. pittieri Hackel C. simpliciflora Munro C. sulcata Swallen	Rhipidocladum	R. racemiflorum (Steud.)McClure R. bartlettii (McClure)McClure R. pittieri (Hackel)Mc.Clure R. martinezii Davidse & R. Pohl. * * Endémicos.

Tabla 1.4 Bambús más recurrentes para la construcción e industrialización en México




MOMBRE	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
<p><i>Pseudosasa japonica</i> (Siebold yZuccarini) Makino.</p>	<p>Tiene culmos erectos y ascendentes, de hasta 5 m de alto y 2 cm en la base. Hojas caulinares persistentes, amarillo blanquecinas, con las láminas característicamente reflexas, las vainas de las cúlmeas llegando a la mitad de cada entrenudo. La lámina de las hojas de las ramas alcanza 30 cm de largo y 2 cm de ancho pudiendo ser glaucas en el envés.</p> <p>Su presencia en México es en el Distrito Federal, Veracruz.</p> <p>Es una planta relativamente fácil de propagar vegetativamente y se adapta muy bien a casi cualquier hábitat, aunque como la mayoría de las <i>Pseudosasas</i> prefiere los climas fríos.</p>	
<p><i>CHUSQUEA chusquea</i> <i>circinat</i></p>	<p>Es una especie relativamente bien representada en México principalmente en la vertiente del Pacífico. La especie pertenece al grupo de las Chusqueas que llevan sus ramas primarias de todo el nudo. Se tienen registros de una floración gregaria en Jalisco en 1982 y 1983.</p> <p>Los culmos tiernos están cubiertos por las hojas caulinares casi en su totalidad. Éstas son muy largas y se sobreponen unas a otras. Ramas verciligadas.</p> <p>DISTRIBUCIÓN MUNDIAL:México, principalmente en los estados de Jalisco, Nayarit, Michoacán, Colima, Oaxaca y Chiapas.</p>	

Tabla 1.1 Bambús más recurrentes para la construcción en México. Continuación.

<p><i>Guadua aculeata</i></p>	<p>El principal nombre común con que se conoce esta especie es “tarro”, aunque recibe otros nombres. Es el más frondoso de los bambúes nativos de México, sus fuertes rizomas producen culmos robustos con entrenudos relativamente cortos en la base. No es común encontrarlo en floración. Es y ha sido una de las especies más utilizadas en México en construcción de viviendas.</p> <p>El diámetro de sus entrenudos basales es de 25 cm.</p> <p>DISTRIBUCION MUNDIAL:México: Los Tuxtlas, Papantla, Vega de Alatorre, Huasteca en Veracruz. Región de Cuetzalan, Puebla</p> <p>Posiblemente en Guatemala y Honduras.</p>	
<p><i>Fhylostachys aurea</i></p>	<p><i>P. aurea</i> es uno de los bambúes más ampliamente utilizados como ornamental en México y otros muchos países. Aunque prefiere los climas templados, puede crecer bien en climas fríos y calientes a la vez que en diversos tipos de suelo. Su ciclo de florecimiento se calcula entre 15 y 30 años, más sin embargo se le ha visto florecer en muchos lugares de América de manera esporádica.</p> <p>Una de sus características particulares son los cortos entrenudos en la base del tallo y la coloración amarillenta de los culmos maduros. Dos ramas surgiendo por cada nudo.</p> <p>PRESENCIA EN MÉXICO: Veracruz, Chiapas, D.F., Oaxaca, Michoacán etc.</p>	

CAPÍTULO 2. IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO E INDUSTRIAL DEL BAMBÚ

El bambú juega un papel integral en las vidas de las poblaciones rurales y en la economía mundial, ya que como se ha mencionado, tiene un uso intensivo después de la madera.

Estas plantas gigantescas, semejantes a los pastos, se destinan a numerosos usos, *desde construcción de viviendas, escaleras, canastas, herramientas, utensilios, instrumentos, muebles, alimentos, combustibles e incluso papel*. En este capítulo se proporciona una visión sobre la utilización del bambú a través de la historia, además se describen las propiedades de esta planta destacando la importancia particular para su uso en la construcción como un material ecológico y a promover la utilización creciente del bambú para mejoras ambientales y sociales, pues, está considerado como una de las plantas más útiles del mundo y podría suplir las necesidades básicas del hombre.

Al hablar del Bambú se quiere resaltar que por ser un producto maderable y tiene características; físico-mecánicas similares y algunas otras son superadas, por lo que este producto industrializado de forma correcta, puede funcionar como sustituto de la madera.

2.1 HISTORIA DEL BAMBÚ

Según las investigaciones arqueológicas, el bambú se utiliza desde hace 6000 a 7000 años, y ha jugado un rol económico y cultural importante en el desarrollo de las sociedades humanas, sobre todo en las regiones del mundo donde es un elemento dominante de la vegetación.

Calificado como la “madera de los pobres” en India, “amigo del pueblo” en China y de “Hermano” en Vietnam, el bambú es una planta asombrosa que brota sobre vastos territorios en África, Asia, el Caribe y América Latina. Millones de personas se sirven siempre del bambú como alimento, combustible, material de construcción, para la fabricación de utensilios agrícolas, recipientes de cocina, tambos para agua, productos artesanales, muebles, armas, equipo de caza, arcos y flechas o instrumentos de música, principalmente.

Profundamente enraizado en la cultura y el patrimonio de numerosos pueblos en el mundo, esta planta polivalente simboliza la fuerza, la tenacidad, el compromiso y forma parte de la vida cotidiana. Los granos de bambú y sus brotes, ricos en proteínas, son alimentos populares en Asia y constituyen la base de una industria de exportación de un millón de dólares en China, Taiwán, Japón y los países del Asia del Sureste.

Las hojas y los brotes se utilizan mucho en la cocción de alimentos, aunque también es el alimento escogido de los pandas, los elefantes y los cobayos.

Las propiedades medicinales del bambú son conocidas desde los tiempos antiguos y bien documentados en la *Ayurveda (1500 años antes de nuestra era)*, los textos chinos y la literatura latinoamericana. En estos textos se documentan como diversas partes del bambú, hojas, rizomas, raíces, brotes (cañas) y el carbón de madera obtenido en su combustión son utilizados para sanar la tos, los problemas biliares, la fiebre, la lepra, las heridas y los edemas, así como laxante y purificador de la vejiga.

Otras prácticas que se tiene registrada con el bambú, es que en ciertos pueblos se usan todavía cuchillos de este material para cortar el delgado papel dorado utilizado como ofrenda en los templos budistas. Las radas de bambú (Entrada de mar en la costa, de pequeñas dimensiones, y que forma una bahía abierta apta para proteger las embarcaciones del viento y del embate del mar), han sido comúnmente utilizadas para el comercio costero y las cañas servían para controlar a la embarcación.

La utilización del bambú como combustible, tanto doméstico como en la pequeña industria, es una práctica muy antigua pero todavía vigente, pues se estima que genera entre 4000 y 6000 cal/g.

El bambú también juega un papel importante en la evolución de la música, ya que ha servido para fabricar instrumentos de viento, cuerda y de percusión; la flauta es la más popular y se desconoce su origen. La fabricación de flautas, desde las más simples a las más complejas, es un arte especializado que representa un mercado de varios millones de dólares. Las referencias a la flauta están presentes en el texto, los mitos, las crónicas y las leyendas de diversas culturas en el mundo. Nada evoca mejor la espiritualidad autóctona que el son dulce y resonante de la flauta amerindia.

En la tradición hindú, Krishna, una de las encarnaciones de Vishnu, es representada en todas las formas del arte tocando una flauta. La flauta típica de la música occidental era conocida en China 900 años antes de Cristo, y llega a Europa cerca del 1100. En América del Sur, particularmente Perú y Bolivia, investigaciones revelan que la flauta se remonta a la época precolombina.

La flauta de Pan habrá nacido en las antiguas civilizaciones incas y maya, luego se expandió a toda América. Estas flautas son fabricadas de la misma forma en las culturas autóctonas desde hace mil de años.

El arte y las artesanías realizados con la ayuda del bambú están particularmente adaptados a la vida de las mujeres puesto que pueden elaborarse en gran parte en casa y no necesita un horario de trabajo rígido. En este sentido, el bambú se utiliza para la fabricación de canastas, utensilios domésticos, lámparas, muebles y obras de arte.

En China, el trenzado del bambú, se remonta a la era Neolítica y ha evolucionado en complejidad e ingenio, pasando de la fabricación de artículos usados corrientemente a piezas de artesanos y obras de arte teniendo un alto valor comercial.

Hacer el lazo entre bambú y desarrollo humano significa reconocer su rol preponderante a lo largo del tiempo en China y en una menor medida, en los otros países asiáticos como Japón, India, Tailandia y Filipinas. La utilización del bambú ha tenido su apogeo en China varios siglos antes de la Revolución Industrial en occidente. Los clásicos eran escritores sobre placas de bambú y cuando los chinos inventaron el papel en el siglo 9, fue hecho de bambú. Todavía en nuestros días, China y las empresas chinas, dominan el comercio mundial de bambú, en venta de artesanías de calidad, de productos manufactureros variados y de obras de arte.

Un antiguo texto indio (*Rig Veda, 1500 A.C.*) frecuentemente hace referencia al arte de tiro de arco y dice que el bambú era el material privilegiado para fabricar los arcos y las flechas. En su célebre *Arthasastra (el arte de gobernar) Kautilya*, Primer Ministro del primer reino de la Dinastía Maurya (322-298 A.C.) hace referencia al comercio del bambú como fuente importante de rentas para el Estado.

También se encuentra en África aplicaciones similares del bambú, por ejemplo, como combustible, para la construcción y la fabricación de artículos domésticos. Tanto América Latina como África reconocen el valor socioeconómico del bambú, para las comunidades y la economía nacional.

La historia del bambú en América del sur, se remonta a la era prehispánica. El continente encierra los tesoros del bambú de una gran diversidad, pues se han contado 45 géneros y 515 especies. Las excavaciones arqueológicas en Colombia y Ecuador han revelado que los humanos utilizan el bambú desde hace miles de años para el alojamiento y la horticultura, como combustible y para fabricar instrumentos musicales.

La técnica de bahareque para la construcción de edificios ha sido inventada por la civilización Maya y viviendas corrientemente utilizadas han depuesto la madera en el intersticio de un cuadro de bambú, los tallos sólidos son puestos verticalmente y los tallos más delgados son puestos horizontalmente, puesto que los muros son terminados con el mortero y cemento.

La primera aplicación del bambú en la tecnología moderna remonta a 1880 cuando Thomas Edison utilizó un filamento de carbón de bambú para su ampolla eléctrica.

Alrededor de la misma época, el Instituto de investigación de Forestaría en India hacía un descubrimiento pionero en la investigación industrial sobre la producción comercial de papel a partir del bambú. Estas investigaciones han dado como resultado una variedad de papeles y de pastas, tal como la pasta blanqueada y la pasta para la transformación química que sirven en la producción de celulosa transformada y de rayón.

Actualmente, Asia (sobre todo en India y China) es donde se dictan las bases para la utilización de bambú en la fabricación de pasta y papel, y es Brasil el único país en América que lo usa con estos fines.

Las aplicaciones mencionadas anteriormente, se deben en gran parte a los programas de diversas instituciones que operan a nivel global y que han observado durante la última década un interés en el bambú y la relevancia de su utilización, **sobre todo en la construcción de viviendas a gran escala y precio módico**. Las principales instituciones son, el Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD), la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización Internacional de Bosques Tropicales (OIBT), El Centro de Investigación para el Desarrollo Internacional (CRDI), la Organización Internacional sobre el Bambú y el Rattan (INBAR).

2.2 IMPACTO SOCIAL

2.2.1 Utilización de Bambú en Comunidades Indígenas.

En el Nuevo Mundo el bambú ha sido utilizado por diferentes comunidades indígenas desde épocas prehispánicas. Actualmente algunas de estas comunidades utilizan especies de bambú como cuchillo para cortarle el ombligo al recién nacido y como antimicótico; poblaciones negras del Pacífico fabrican un ungüento contra el piojo del cabello a partir del bambú.

En la región amazónica algunas especies son utilizadas contra la mordedura de serpientes y la ceniza de sus hojas como cicatrizante; algunas especies son empleadas para combatir la tos y el sarampión.

Esta misma tribu utiliza los culmos para elaborar los bastidores o "yanchamas" sobre los cuales templean las cortezas de árbol que extraen para decorar y en la fabricación de flechas para la cacería; y los entrenudos los utilizan en la elaboración de instrumentos musicales.

En la región Andina las comunidades que habitan entre 2,000 a 3,000 m. de elevación utilizan especies de bambúes de altura para la fabricación de instrumentos musicales, de cerbatanas, en la cestería, en la construcción de viviendas, de templos, como fuente de combustión y como alimento de curies y otras especies menores. En los páramos las hojas se utilizan para el techado de las viviendas. En las tierras altas, desde Colombia hasta Bolivia, los culmos se emplean en la fabricación de instrumentos musicales tales como flautas, quenenas, rondadores y zampoñas y el agua de los entrenudos se reporta como medicinal para curar enfermedades renales.

Para las comunidades que habitan entre los 2000 m. de elevación, la *Guadua angustifolia* es el bambú más utilizado en la construcción, en las labores agropecuarias y artesanales; así como planta ornamental y sus culmos se utilizan para la fabricación de fuegos artificiales y papalotes.

Se puede afirmar que cada especie de bambú tiene diferentes y específicos usos de acuerdo a sus características, además cada parte de la planta tiene diferentes aplicaciones, por lo que se puede concluir que el número de usos del bambú es ilimitado y cada continente en general y país y zona en particular ha desarrollado sus propios usos. Mientras que hay países como China que transforma y usa sus bambúes en su mayoría como resultado de procesos industriales, hay otras regiones donde su uso se realiza de manera tradicional y vernácula.

Para clasificar y describir la infinidad de usos del bambú, normalmente se ha utilizado el orden alfabético, lo cual permite determinar las diferentes áreas de aplicación de acuerdo a temáticas generales. Por lo anterior la Red Internacional del Bambú INBAR ha realizado una aproximación a la clasificación de los usos del bambú por temáticas generales y cada una de ellas tiene sub clasificaciones más específicas, las cuales han permitido agrupar los usos de una manera más práctica para quienes desean consultarlos.

2.2.2 Las mujeres y el Bambú; Organizaciones no gubernamentales.

Desgraciadamente aún con las políticas nacionales adoptadas para reducir las diferencias entre sexos, las mujeres continúan teniendo menos acceso que los hombres a los empleos mejores remunerados. De hecho, según el Informe sobre el Desarrollo en el Mundo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, ninguna sociedad ofrece las mismas posibilidades a los hombres que a las mujeres y un número desproporcionado de mujeres ocupan empleos mal remunerados o trabajan en el sector informal.

Para contrarrestar el efecto descrito anteriormente, la industria del bambú es un sector que ofrece la posibilidad a las mujeres de utilizar su mano de obra activa. En efecto, en la mayor parte de los países donde el bambú es cultivado y utilizado, las mujeres representan un porcentaje elevado de la mano de obra en el sector. Por ejemplo, en China, casi 70% de los trabajadores en las fábricas de transformación del bambú son mujeres, por lo que ellas representan el 80% de los trabajadores de las empresas del bambú domiciliarias en Vietnam. En India, las mujeres son mayoritarias en la industria del trenzado y la fabricación de bastones para ancianos. Esto debe a la flexibilidad de horario que se tiene en este tipo de industria.

En 1997, en respuesta a las demandas de los países en desarrollo, INBAR es creada como organización intergubernamental independiente, teniendo su asiento social en China y abriendo en África, Asia y América Latina, con lo que se cuenta con 29 países miembros.

En tanto que el centro internacional trabaja en una investigación descentralizada, se consagra al mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales del bambú y el Rattan, *MM. Sastry profesor del Sasi Institute of Technology and Engineering*, ha hecho la historia de esta organización que es la primera en su género en el milenio del desarrollo internacional, sobre todo para los productos forestales diferentes de la madera. *(1999, Unalsylva, 198)*

La Asociación Internacional del Bambú, organización no gubernamental, es otra organización importante. Cuenta con más de 30 asociaciones o sociedades nacionales consagradas a la promoción del bambú a escala mundial (representa más de 10,000 personas), en ella toma valor la utilización del bambú, sobre todo para la horticultura y el arreglo paisajista. Por tanto, existen sedes investigadoras regionales en Asia, como el Programa de Investigación Forestal para Asia y Pacífico (FORSPA) y Asociación de Instituciones de Investigación Forestal Asia-Pacífico (APAFRI) que toma activamente parte en la toma de valor del bambú.

2.3 IMPACTO ECONÓMICO

El bambú tiene fines comerciales, notablemente en la industria del rayón, del tejido a mano, de la pesca y de la sericultura, creando así millones de empleos y sosteniendo sectores económicos claves.

Algunos aspectos importantes a destacar son los siguientes:

- a) Solamente en china, la industria del bambú genera más de 2 millones de dólares americanos por año.
- b) En India, la industria de bastones para ancianos reporta 400 millones de dólares americanos del recurso bambú.
- c) En India, las actividades ligadas al bambú representan anualmente alrededor de 432 millones jornadas de trabajo y 600 millones de dólares americanos en salarios. *(Adokli, 1995 Bambú, Pueblo y Ambiente)*
- d) El bambú constituye así una materia prima importante para la industria de Tailandia y de otros países de Asia.

Como se menciona las mujeres representan una gran proporción (40 a 90 %) de la mano de obra, puesto que una gran parte de la fabricación se hace en regiones rurales o a domicilio.

Se ha considerado al bambú como una planta milagrosa para el siglo XXI. Este interés crece por ser considerado un regalo de la naturaleza, tanto que por motivos económicos ligados a su valor, como por ser un material abordable, de crecimiento rápido y renovable tiene un potencial industrial inexplorado el cual podría formar parte de la humanidad tanto en los países industrializados como en los países en desarrollo.

El potencial industrial del bambú, como sustituto rentable de la madera de obra y para otros usos, esta descrito en detalle en artículos recientemente publicados:*(C. Satry, Vol. 18, Nov. 1999 y Vol.19 Febrero 2000)*.

A continuación se muestra un resumen de los usos posibles de este recurso:

- **Construcción**
- Industria de pasta y papeles de celulosa
- **Nueva generación de materiales de construcción**
- Muebles y artículos domésticos
- Alimentación y nutrición
- Salud e industria farmacéutica
- Energía renovable.

Este último aspecto se puede alcanzar debido a que el bambú tiene la posibilidad de producir carbón, por lo tanto puede jugar un rol mayor en la reducción de las emisiones de gas carbónico, como lo manda la convención de la Tierra sobre el Cambio Climático Mundial.

Según investigaciones, plantaciones de bambú bien mantenidas permitirían eliminar el carbono atmosférico más eficientemente que cualquier otra especie. En efecto, estudios costarricenses revelan que el bambú puede reducir anualmente 17 toneladas métricas de carbón por hectárea (*Jannsen, 1999 Comunicación Personal*). En este sentido, el bambú presenta un valor ecológico importante y una inmensa capacidad de respuesta a los deseos de las familias y las industrias (sobre todo en regiones rurales).

Actualmente, se ha puesto poca atención al manejo de poblaciones naturales y el aprovisionamiento durable de la materia prima, pero los estudios que se han llevado a cabo plantean los problemas y las perspectivas en materia de desarrollo agrupado en tres sectores, los cuales se describen a continuación:

- Movilización de los resultados y la minoración de la gestión de tecnologías y técnicas de transformación (valorizadas por los clientes y la aceptación mundial).
- Intervención sobre planes positivos para asegurar el aprovisionamiento durable de bambú y promover su utilización como sustituto de maderas.
- Reducción, sensibilización del público y cooperación internacional.

2.3.1 Efectos Adversos.

A pesar de las posibilidades económicas del bambú, sus ventajas ecológicas y su importancia para la reducción de la pobreza, este recurso ha sido mal generado y sobre explotado, particularmente en Asia. Esta situación ha generado la recolección de materiales de calidad mediocre, así como esfuerzos insuficientes de regeneración de zonas empobrecidas y una gestión en general no durable de las poblaciones naturales.

La primera cosa por hacer para corregir la situación será hacer la repartición de recursos existentes (en escala nacional, regional y mundial) para permitir una planificación sana de las industrias dependientes del bambú.

Otro defecto es el desequilibrio del desarrollo referente a la utilización industrial de este recurso. El crecimiento rápido del comercio del bambú, tanto en los mercados nacionales como en los mercados de exportación, crea una gran concurrencia entre los países productores. En efecto, aunque ciertos países (y provincias) han obtenido resultados remarcables, el desarrollo acusa cierto retraso en otros países que son ricos en recursos.

Para alguno, las normas y un control de la calidad deben ser puestos en su lugar, es decir, ciertas tecnologías deben perfeccionarse, como por ejemplo las técnicas de transformación, en insistencia sobre una más grande durabilidad y una mejor definición (Sastry, 1999, 2000, 2001).

En otros, es urgente modernizar la concepción de los productos y la utilización del bambú, pues anteriormente era un material privilegiado, pero ahora es remplazado por el plástico y el metal en razón de su uniformidad, su bajo precio, su durabilidad y su gran disponibilidad. Esto hace necesario analizar las preferencias de los consumidores y establecer estrategias para fortalecer el mercado del bambú.

Sobre la escena nacional, se debe instaurar una coordinación y una organización entre los diferentes sectores a fin de poner en marcha planes de acción para el desarrollo de la industria. Es decir, el bambú debe estar inscrito al programa de actividades de desarrollo.

También se deben establecer campañas de educación y de sensibilización del público a diferentes niveles para rectificar la percepción sobre la cual el bambú es un material de uso, incapaz de hacer frente a otro producto considerado “moderno”. Gracias a nuevas investigaciones técnicas y a una campaña innovadora de promoción, se puede suscitar un interés que permite cambiar la imagen de la “madera de los pobres” a un perfil más apropiado y que se considere como, **material del futuro**.

Como las pequeñas y mediana empresas dominan esta industria, pocas normas rigen los productos derivados del bambú. Las normas nacionales adoptadas por China e India para algunos paneles de bambú cuentan como raras excepciones. *La puesta en marcha de reglas y de normas es esencial en el crecimiento de la industria y la aceptación del bambú con el mismo título que las maderas y los otros materiales de construcción.*

Recientemente el código de edificación no preveía disposiciones sobre la utilización del bambú en la construcción. En gran parte gracias a los esfuerzos del **Norirlandés Jules Janssen** y de su equipo de expertos internacionales y de forma adicional con la participación del gobierno Irlandés y de INBAR, se ha ido rediseñado e integrado el último Código Internacional de edificios. Este código, que ayuda a los usuarios a analizar los potros, los armadores, los colonos, las juntas y los materiales compuestos, podría facilitar la aceptación generalizada del bambú en la construcción en una gran gama de actividades.

El equipo de Janssen también ha redactado las normas de ensayo para facilitar la comparación del bambú proveniente de diversos sitios. Estos documentos han sido aceptados en octubre del 2001 como texto ISO preliminares.

Como ya se mencionó existen riesgos y fortalezas de este producto, que por muchos, es considerado el material del futuro para la economía y la industria de las naciones y existen esas ventajas y desventajas, que a continuación se listan las más importantes.

- Ligero, robusto y polivalente.
- Exige un agente de protección.
- Ecológico.
- Accesible a las personas pobres.
- Durable como la madera.
- No es un recurso que se auto renueva uniformemente como la madera.
- Riesgo de incendio.
- Crecimiento rápido y gran productividad.

Utilizado durante miles de años en un gran número de actividades cotidianas, como material y alimento, el bambú es el corazón de una gran parte de la vida rural en el mundo y aumentará en tanto que la población se incremente.

Él jugará siempre un rol importante en el desarrollo de las empresas y en la transformación de miles de rurales de todas las regiones en los países en desarrollo que poseen bambú. Si bien las regiones rurales de Asia y en las comunidades forestales autóctonas, los preceptos “el bambú para vivir” y “vivir del bambú” demuestran el buen vivir. Esta planta de mil y un usos constituye el punto de partida de excelencia para la reducción de la pobreza rural. El bambú también puede servir de modelo interesante para el desarrollo de productos forestales diferentes de la madera para proveer de recursos a mujeres y otros grupos desfavorecidos.

El bambú no es solamente un material del pasado, sino más bien un material en el cual sus usos son hoy innumerables y crecientes, igual en los países industrializados. Abre la vista a numerosas perspectivas de futuro que enriquecerán el desarrollo humano en las diversas esferas de la vida como las siguientes:

- Reducción de las condiciones de vida de las comunidades rurales.
- Afirmación de la identidad cultural.
- Desarrollo durable del ambiente.
- Producción de productos industriales.
- Producto de reemplazo de la madera del siglo XXI.
- El mercado de estos productos ecológicos está en pleno esplendor, ofreciendo nuevas ocasiones de promover el bambú como sustituto de la madera. Todas las intervenciones tienen el deber de promover el carácter ecológico del bambú como verdadero sustituto de la madera. El bambú es un material polivalente que

se presta a concepciones originales y distintivas de muebles, a la creación de una nueva generación de materiales de construcción y a un vasto suministro de artículos de todos los tipos, creando también mucho empleo.

Material largamente expandido, que se adapta a diferentes climas, fácil de utilizar, accesible y que tiene ventajas ecológicas entre otras, posee numerosas posibilidades inexploradas que podrían favorecer el desarrollo social y económico y reforzar la autonomía de un gran número de personas pobres, sobre todo mujeres, que viven en medio rural. La “planta milagro” puede tener un impacto positivo sobre numerosos aspectos del desarrollo humano en los decenios por venir. *(Sastry, 2003, EL MABÚ Y EL DESARROLLO HUMANO)*

2.4 INDUSTRIA DEL BAMBÚ

El bambú está considerado como una de las plantas más útiles del mundo y podría suplir las necesidades básicas del hombre. De acuerdo a la calidad de la madera los bambúes tienen diferente utilización.

El estudio de las propiedades físico-mecánicas, que incluye contenido de humedad, peso específico, resistencia a la compresión, a la tensión y a la flexión, determina si son aptos como elemento estructural en la construcción o para la elaboración de muebles; sus propiedades anatómicas son decisivas para determinar su uso en la fabricación de la pulpa de papel o la fibra textil (rayón); el análisis de la composición química y bioquímica, que implica proporciones de celulosa, hemicelulosa y lignina, además de sustancias menores como: resinas, tainas, ceras, y sales orgánicas y las variaciones de las mismas dependiendo de las condiciones de crecimiento, son informaciones que ofrece bases para nuevas posibilidades de uso.

La mayor aplicación del bambú se da en la construcción, en la fabricación de muebles, cestería, artesanías, papel, como alimento y como recurso natural para la conservación y transformación del medio ambiente.

Imagen 2.1

El bambú tiene en uno de sus papeles más importantes la fabricación demuebles de todo tipo, gustos y diseños.

Imagen obtenida de: <http://xalapaenriquez.olx.com.mx/bambulandia-muebles-de-bambu-iid-39131612>



2.4.1 Propiedades para fines industriales.

Por sus numerosas propiedades remarcables, como la robustez, la ligereza y la solidez o todavía gracias a su valor nutricional y ambiental, el bambú califica de “planta milagrosa”, ya que provee a cerca de la mitad de la población mundial que la utiliza desde fines comerciales hasta subsistencia.

El bambú cuenta con más de 1500 usos documentados, entre otros la medicina, la pesca, los juguetes y aviones. Sus numerosas variedades y características han servido a la humanidad de innumerables formas. En ciertas especies, el tallo parece ser la parte más importante, económicamente hablando, ya que puede tener más de 40 m. en solamente tres o cuatro meses.

“Se puede casi verla crecer”, se dice. Sobre un período de 35 años, una misma caña de bambú puede producir hasta 15 kilómetros de caña utilizable, de un diámetro cerca de 30 centímetros. Se estima que el cultivo mundial anual a 10 millones de toneladas equivale a casi 8 millones de kilómetros de bambú, que significarían 200 veces el contorno de la tierra.

La ligereza del bambú, su gran elasticidad y su resistencia lo hacen el material ideal para la construcción en zonas vulnerables a catástrofes naturales como temblores de tierra o los huracanes. Más de un millón de personas viven en casas de bambú, es decir, el revestimiento o la estructura son de bambú.

Es un material comúnmente utilizado para construir, amueblar, terminar y proteger las casas y para la construcción en puntos apropiados al terreno, a sus recursos y sus habitantes. Gracias a su resistencia a la ruptura, comparable a la del acero y un punto de resistencia más grande que la del grafito, desde la antigüedad las cañas de bambú son unidas unas con otras para la construcción de andamios. La utilización de andamios de bambú para construir, pintar y reparar los bastimentos de hasta treinta pisos de altura es una práctica que todavía se realiza en Asia, América Latina y África.

Aunque las cañas de bambú son difíciles de dar forma, los postes y las planchas de bambú necesitan menos material y permiten un mayor rendimiento de capital que su equivalente en madera. Es más, el bambú demanda mucho menos energía para la producción, comparativamente con el acero (a las menos cincuenta veces), al concreto y a la madera (cerca de tres veces).

Desde siempre, los asiáticos se sirven de las raíces, tallos, de la sabia y de los cúmulos de bambú para curar enfermedades benignas o graves, sobre todo en la medicina tradicional India y china. Las grandes cantidades de sílice en grano finos que encierran las uniones de los tallos sirven de medicina llamada Tabasheer. Investigaciones tienden a encontrar otras utilidades.

En fin, el bambú ofrece a las poblaciones un ambiente más sano. En efecto, una mayor absorción del dióxido de carbono y atenuar el impacto de lluvias tropicales, puede reducir la luminosidad y proteger contra los rayos ultravioletas.

Como planta pionera ha permitido el primer reverdimiento de Hiroshima, su cobertura presenta el crecimiento más rápido sobre las tierras degradadas, crea microclimas para las otras formas de vida y produce más oxígeno que otras poblaciones equivalentes.

Un bosque de bambú puede ser parte de un sistema de purificación que convertirá la contaminación en elementos nutritivos para la vegetación, además de que producen cosechas preciosas.



Imagen 2.2

Bosques de bambú en china

Imagen obtenida de: (http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://3.bp.blogspot.com/-LmXuI4yl6VM/T15aMWA5-QI/AAAAAAAAABTQ/xlOQTFUmtZ8/s1600/bosque-de-bambu.jpg&imgrefurl=http://identi.info/imagenes/95705304/Lugares-que-sorprenden-la-vista.html&h=768&w=1024&sz=215&tbnid=7nn9Cszw0KAOIM:&tbnh=103&tbnw=137&prev=/search%3Fq%3Dcampos%2Bde%2Bbambu%2Ben%2Bchina%26tbm%3Disch%26tbo%3Du&zoom=1&q=campos+de+bambu+en+china&usg=__IH6I7_0EWoVBogzaVETB5tdlQOk=&docid=BD9YZBYjLWFmGM&sa=X&ei=KUbuUUb2NGInxygHY8oHICA&ved=0CC0Q9QEwAQ&dur=510).

2.4.2 Características como materia prima.

La Caña Guadua y el Bambú, como materia prima para la industria, tiene que cumplir con normas de la más alta calidad. La primera consiste en escoger y clasificar la especie más dura y recta que presente las paredes más gruesas.

La segunda en importancia es que la cosecha tiene que ser selectiva en las cañas que se van a cortar y por lo tanto, cumplir con los siguientes pasos:

- Se tiene que marcar con una tinta u otro sistema la fecha de nacimiento en cada una de las cañas (aproximadamente al mes que ha brotado). Este sistema se usa con éxito en China y se debería aprender y aplicarlo, ya que es el único modo que garantizará la madurez de la planta.
- No se deben marcar las cañas haciendo cortes o incisiones, ya que esto produce la formación de hongos en ese lugar y lógicamente baja la calidad y la cantidad que se puede utilizar de la misma. **Imagen 2.3**



Imagen 2.3 Marcado del crecimiento del bambú con mucho éxito en los países Asiáticos.

- Se debe cosechar solamente lo que se va a preservar durante el día de corte, ya que la caña por su alto contenido de humedad es muy propensa a desarrollar hongos y polilla y son los principales enemigos al momento de la industrialización.

Otro sistema utilizado es el de inmersión en tinajas que contienen al conservador (sales de boro mezcladas con un fungicida). Este sistema se usa para preservar las tiras de las cañas ya que al estar cortadas las sales del boro entran por todo el contorno y queda protegido en un 100% de penetración, siempre y cuando se haya cumplido con todo el proceso.

Imagen 2.4

Habitante de la región Asiática, utilizando el bambú para fin industrial.



Como ya se ha mencionado anteriormente, el bambú tiene propiedades similares a la madera, por lo que a continuación se mencionan algunas de ellas.

- a) Relación peso específico, resistencia mecánica altamente favorable
- b) Bajo peso en relación con su volumen
- c) Fácil de encolar y maquinar.
- d) Cuando está seca es un excelente aislante térmico
- e) De acuerdo a las propiedades mencionadas son pocos los limitantes para su uso.

(Bureno, BAMBUA, La Nueva Madera)

2.4.3 Principales productos derivados del Bambú.

Como se ha observado el bambú presenta un alto número de aplicaciones en la vida diaria de los pobladores rurales: desde instrumentos musicales, utensilios para el hogar, artesanías, muebles, herramientas, hasta infraestructuras agropecuarias, grandes construcciones y por supuesto la industrialización, convirtiéndolo en productos o maderas laminadas y papel.

Hoy en día las artesanías y los muebles de bambú presentan diseños modernos e innovadores y son una fuente generadora de mano de obra. Las artesanías acompañan a la industria del turismo y día a día se convierten en productos exportables con alta demanda.

Además de lo anterior, se suma el carácter ecológico de su producción al ***ser un material renovable naturalmente (sostenible y sustentable)*** lo que da un sello verde a su producción que se valora en los mercados internacionales.

Los laminados de bambú son producidos a partir de tablillas o latillas que se extraen de los culmos o tallos redondos mediante el uso de sierras que hacen cortes paralelos a la fibra. Estas latillas o tablillas se unen mediante el uso de adhesivos o resinas y prensados en frío o caliente para dar forma a la pieza deseada y acabados con pinturas o barnices de acuerdo a los requerimientos del mercado. **Imagen 2.5**



Imagen 2.5

Muebla fabricado a partir del laminado del bambú.

Dentro de los laminados de bambú, los más populares y comercializados en la actualidad son los pisos, que constan de tres capas de láminas que se demandan ampliamente en Japón, Europa y Norte América. El mayor productor es China donde existen más de 100 plantas procesadoras que producen alrededor de 10 millones de metros cuadrados. **Imagen 2.6**

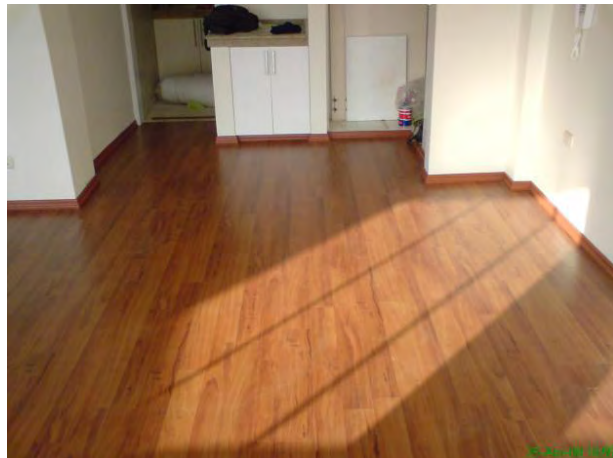


Imagen 2.6

Piso de laminado de bambú carbonizado vertical

Imagen obtenida de:

(<http://naturapisos.com/categoria/36/bamboo?gclid=CM6K3eGvkrqCFVEV7AodHnoAiA>)

En los últimos años se han denominado a los laminados del bambú como la “madera del futuro” o “madera sostenible” por sus características especiales que sustituyen perfectamente a la madera dura y sobre todo por la capacidad de sostenibilidad y regeneración natural del bambú que permite disminuir la presión sobre los bosques nativos.

El uso de los laminados se ha extendido y ampliado en todo el mundo como pisos, tableros decorativos, vigas laminadas, elementos estructurales, elementos decorativos, entre otros. **Imagen 2.7**

Imagen 2.7

Pisos, elementos estructurales y decorativos transformados por la industrialización del bambú.



Es importante destacar que esta tecnología no es nueva ni exclusiva del bambú, precisamente es una aplicación práctica de la tecnología de madera donde la tendencia es el uso en los aserraderos de trozos de diámetros pequeños.

La consecuencia de esta tendencia es la entrada al mercado, en forma cada vez más creciente, de los productos reconstituidos mediante modernas técnicas de encolado mediante las cuales se pueden obtener los siguientes productos:

- A través de **FINGER JOINT** se obtienen piezas largas mediante la unión al tope de muchas piezas cortas.

FINGER JOINT, es un producto que es el resultado de unir trozos de madera con un sistema mecánico llamado también “unión de dedos”. **Imagen 2.8**

Imagen 2.8

Su mayor uso es en el área del mueble, en líneas de oficina y hogar, así como también en la construcción. Se comercializa en formato estándar para su uso industrial (fabricas).



Imagen obtenida de: (<http://www.lacasadelpintero.com.uy/finger.html>)

- Con el proceso **EDGE – GLUE** se obtienen piezas anchas mediante la unión de canto de muchas piezas angostas. (Tableros enlistonados). **Imagen 2.9**

Imagen 2.9

Sistema **EDGE-GLUE**, el cual se realiza mediante el pegado de juntas por canto.



- Con el proceso **GLUE – LAM** se obtienen vigas para usos estructurales mediante la unión de cara de muchas tablas de poco espesor. (Vigas laminadas). **Imagen 2.10**

Imagen 2.10

GLUE - LAM encolada, también llamado madera laminada, es un tipo de estructura de madera, producto que comprende una serie de capas de madera dimensionada unidos entre sí con adhesivos estructurales duraderos, resistentes a la humedad.



Imagen obtenida de: (http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.portelawoods.com.br/wp-content/uploads/2012/08/Glulam_bridge.jpg&imgrefurl=http://hardwoodwallpaper.blogspot.com/2012/10/glulam.html&h=336&w=448&sz=35&tbnid=M6pnHlpWLIPzYM:&tbnh=92&tbnw=122&prev=/search%3Fq%3DGLULAM%26tbm%3Disch%26tbo%3Du&zoom=1&q=GLULAM&usg=__QJvAwIC_JY7kkyLO70JAz0ccpgs=&docid=_0AL2Fvhp4MJ-M&sa=X&ei=g6vTUdfbEYIS9gTs0YGQDQ&ved=0CEAQ9QEwAw&dur=725)

Para el caso de los productos que se comercializan actualmente de bambú laminado, hay dos clasificaciones:

Según la disposición de las tablillas al pegarlas: horizontal y vertical.

- a) Para la elaboración de los pisos, se emplea una mezcla de los dos tipos de laminados, uniendo tres tableros enlistonados.
- b) Según el color: natural o blanqueado y carbonizado o café.

Imagen 2.11

Piso de laminado de bambú carbonizado vertical



Imagen obtenida de: *(ABB.: Bambusfurnier [Bildquelle: Friedrich Böhringer / Wikipedia. -- Creative Commons Lizenz])*

Un aspecto de importancia en el proceso de elaboración de estos productos es la correcta selección de la cola o adhesivo. Para la fabricación de tableros enlistonados que no van a estar expuestos a la intemperie, se puede utilizar un adhesivo o cola con base en urea formaldehído o una mezcla de ésta con cola blanca. Para vigas laminadas que van a utilizarse en la construcción, bajo condiciones de grandes esfuerzos mecánicos y expuestas a la intemperie, el adhesivo recomendado es la resina fenólica.

Los bambúes que se seleccionan para hacer laminados deben tener diámetros mayores a 12 cm. con lo que la curvatura de las paredes es menor al momento de obtener las tablillas. Es muy importante el estado de madurez de los tallos seleccionados que siempre deben tener más de 4 años de edad con lo que se consideran maduros o muy maduros, para que las fibras estén debidamente lignificadas y así los procesos industriales que requieren el uso de diferentes máquinas, sean más adecuados.

Es recomendable para una adecuada selección de la materia prima, tener el control desde el momento del corte de los tallos en campo, integrando las fases agrícola e industrial, pero en caso de no poder hacerse, se recomienda tener una norma de clasificación de la materia prima.

A continuación se presenta un ejemplo de norma para recepción de tallos en planta:

- a) Ser rectos.
- b) Estar maduros.
- c) Estar completamente desramados y deshojados.
- d) Estar cortados en piezas de 4 m. de longitud.
- e) No deben tener menos de 12 cm. de diámetro.
- f) No deben tener perforaciones longitudinales.
- g) No deben tener rajaduras superficiales.
- h) No deben presentar manchas, ni decoloraciones.

Las exigencias de calidad para la materia prima, depende de los productos a elaborar, de las características de las maquinarias y la tecnología a utilizar. *(Lorraine, BAMBÚ Y MIMBRE)*

Algunos de los usos mas casuales son por ejemplo el reemplazar el metal del cuadro de la bicicleta por bambú, con ello se reducen considerablemente el consumo de energía y las emisiones de CO₂, no sólo durante su fabricación, o al sustituir al auto por la bicicleta. **Imagen 2.12**



Imagen 2.12 Esta Bambucicleta es el modelo exclusivo de la marca, su posición de pedaleo ha sido desarrollada durante 5 años y es la 4ta generación de una serie de prototipos tendientes a conseguir el mayor confort posible. El diseño de su cuadro fue estudiado para lograr aprovechar al máximo las propiedades estructurales del bambú, logrando así una amortiguación perfectamente natural y orgánica.

Imagen obtenida de: <http://www.bambucicleta.com.ar/bicicleta-rock-chopper.html#UdRHVfnElko>

Los cultivos de bambú generan un 30% más de oxígeno que los árboles, lo que los hace excelentes purificadores de aire. Es un recurso renovable y biodegradable que puede ser cosechado sosteniblemente pues crece rápida y naturalmente sin necesidad de muchos cuidados.

Además, es capaz de regenerarse completamente sin necesidad de replantarlo, no requiere de plaguicidas u otros compuestos químicos, pues tiene su propio agente antibacteriano y crece con tanta facilidad que tolera incluso condiciones de sequía e inundación. Por su rápido crecimiento y estructura de raíces, el bambú previene la erosión del suelo y, en poco tiempo, ayuda a la recuperación de la tierra destrozada por sobre pastoreo, reconstruyendo y limpiando el suelo de toxinas.

CAPÍTULO 3. EL BAMBÚ EN LA CONSTRUCCIÓN

El bambú es uno de los materiales usados desde la más remota antigüedad por el hombre, para aumentar su comodidad y bienestar. En el mundo actual, donde predomina el plástico y el acero, el bambú continúa con su centenaria contribución y aun crece en importancia. Los programas internacionales de cooperación técnica han reconocido sus cualidades excepcionales y están realizando un amplio intercambio de variedades de esa planta y de los conocimientos relativos a su empleo.

En seis países latinoamericanos se desarrollan proyectos destinados a ensayar y seleccionar variedades sobresalientes de bambú recolectadas en todo el mundo y también a determinar al lugar potencial de ese material en las economías locales. Estos proyectos, han venido realizándose durante varios años y algunos de ellos han llegado a un grado de desarrollo en el que la multiplicidad de usos del bambú ha llegado a ser una estimulante realidad.



Imagen 3.1

Pabellón Zeri, Manizales Colombia

Los aspectos técnicos de la guadua, son tan significativos, que compiten con la funcionalidad del concreto o el acero. Y los aspectos estéticos son de tal calidad, que permiten el uso indiferente en una vivienda (en terrenos de difícil construcción) o en una estructura monumental", dice *Simón Vélez*, arquitecto caldense, quien recogiendo la tradición de su región ha desarrollado su trabajo arquitectónico en torno a la guadua.

Vélez diseñó el pabellón Zeri, construido para la exposición Hannover 2000. Vélez deslumbró en Alemania con la tecnología y belleza de las estructuras en guadua. Las pruebas de carga que se hicieron para obtener la licencia de construcción demostraron resistencias del tipo de las del concreto, con resultados que estuvieron alrededor de los 400 kg/m²

De acuerdo con estos estudios realizados en el bambú, se han determinado las siguientes propiedades con aplicaciones en la construcción:

- Propiedades especiales: Ligeros, flexibles; gran variedad de construcciones
- Aspectos económicos: Bajo costo
- Estabilidad: Baja a mediana
- Capacitación requerida: Mano de obra tradicional para construcciones de bambú
- Equipamiento requerido: Herramientas para cortar y partir bambú
- Tradicional: Resistencia sísmica Buena
- Resistencia a huracanes: Baja
- Resistencia a la lluvia: Baja
- Resistencia a los insectos: Baja
- Idoneidad climática: Climas cálidos y húmedos

En regiones donde crece el bambú, el clima generalmente es cálido y húmedo, lo que conlleva al uso de materiales de baja capacidad de almacenamiento térmico y a diseños que permiten la ventilación cruzada.

- Las construcciones de bambú satisfacen plenamente estos requerimientos, lo que explica su uso en estas zonas.
- Los muros de bambú no pueden ser construidos a prueba de agua y en forma hermética, así que la ventilación cruzada se da en forma inherente, brindando un ambiente agradable y libre de humedad.

- La flexibilidad y la alta resistencia a la tensión hacen que el muro de bambú sea altamente resistente a los sismos, y en caso de colapsar, su poco peso causa menos daño; la reconstrucción es rápida y fácil.
- Se requiere de mano de obra especializada para trabajar el bambú, pero en zonas donde crece el bambú éstas son tradicionales.
- Las mayores desventajas se deben a su relativa baja durabilidad (debido a ataques biológicos), y la baja resistencia a huracanes y fuego, por lo que las medidas de protección son esenciales.

3.1 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS ELABORADOS CON BAMBÚ

El bambú por si solo puede ser utilizado para la construcción de algún elemento constructivo de una casa, con excepción del fogón de la chimenea. Aunque en la mayoría de los casos, el bambú es combinado con otros materiales de construcción tales como madera, arcilla, cal, cemento, hierro galvanizado y hojas de palma, de acuerdo con su relativa eficiencia, disponibilidad y costo.

El uso del bambú como material de construcción, ya sea primario, secundario u ocasional es común en las áreas donde crece en cantidades suficientes. La importancia del bambú en cualquier región está determinada habitualmente por el nivel económico de la gente común y por el costo de otros materiales más durables.

Aunque con este material se alcanza una adecuada solidez estructural, esta propiedad no es aprovechada ya que por lo común hay una monotonía general en el diseño y un nivel mediocre de ejecución que caracterizan a las casas en muchas regiones. En ciertas áreas culturales, sin embargo, y especialmente en niveles económicos muy altos, como entre las partes cultas del Japón, Java y Malasia, el bambú es empleado arquitectónicamente en formas que son distintivas y básicamente artísticas.

Cohen, indirectamente, alude a este reconocimiento de las virtudes especiales del bambú; el poste principal en una casa japonesa caracteriza la misma, en cuanto se considera la calidad y construcción.

Los elementos estructurales del tejado son fijados al poste, y permiten que una casa adecuadamente construida se mantenga en pie pese a los temblores de tierra y las operaciones.

Algunos elementos a destacar y que hacen de él un material conveniente y económico para la construcción de la vivienda, así como para los andamiajes que facilitan la construcción son los siguientes. *(McCILURE, 2006. El bambú como material de construcción)*

- Las unidades naturales, varas o cañas de bambú como se les llama, son de medidas y formas que las hacen manejables, almacenables y sistematizables, en forma conveniente y económica.
- Las cañas tienen una estructura física característica que les proporciona alta resistencia con relación a su peso. Son redondas o casi redondas en su sección transversal, ordinariamente huecas y con tabiques transversales rígidos, estratégicamente colocados para evitar la ruptura al curvarse. En esta posición pueden actuar más eficientemente proporcionándole resistencia mecánica y formando un firme y resistente caparazón.
- La sustancia y la textura de las cañas hace fácil la división a mano, en piezas cortas (aserrándolas o cortándolas), o en tiras angostas (hendiéndolas). No se necesitan máquinas costosas sino sólo herramientas simples.
- La superficie natural de muchos bambúes es limpia, dura y lisa, con un color atractivo, cuando las cañas han sido convenientemente almacenadas y maduras.
- Los bambúes tienen poco desperdicio y ninguna corteza que eliminar.

3.1.1 Cimientos.

Los ejemplos del empleo de postes de bambú en lugar de cimientos convencionales, para casas económicas, pueden verse en ambos hemisferios. A menos que sean tratados con algún producto químico preservativo, es de esperarse que tales postes duren unos dos o tres años promedio o cinco años, a lo más, en condiciones favorables poco comunes.

Aunque no hay datos experimentales, parece razonable esperar que las clases duraderas de cañas de bambú puedan durar un tiempo mayor, hincadas en el suelo, mediante la aplicación del pentaclorofenol en una forma apropiada.

Mientras se estudian tratamientos convenientes y económicos para la preservación del bambú en condiciones en que se humedezca frecuentemente o que esté en contacto con la tierra húmeda, se considera emplear para los cimientos otro material, por ejemplo el concreto, la piedra, el ladrillo, o alguna madera dura.

Si se emplea el bambú como soporte en casas de bajo costo, las cañas deberán tener un diámetro superior proporcionalmente al tamaño de la casa, paredes gruesas y nudos más próximos, para proporcionar un máximo de resistencia al pandeo. Cuando no se puede obtener piezas grandes de bambú es conveniente emplear pequeños bambúes, con características estructurales adecuadas, amarrados y formando pilares compuestos.

3.1.2 Estructura.

Además de los cimientos, la estructura es la que soportara el peso de techados y paredes, debe ser la parte fundamental y además que rodeara la casa. Es la parte de la vivienda más a menudo construida, parcial o totalmente, con materiales distintos del bambú. En muchas regiones las personas que están en condiciones de cubrir la diferencia de costo prefieren emplear para la estructura alguna madera resistente y duradera.

Proceden así, en parte, porque las maderas duras permiten uniones más firmes y una construcción más rígida que el bambú, además gozan de mayor prestigio porque son por naturaleza mucho más resistente a los hongos y a los insectos que se alojan en el bambú no inmunizado.

Los tabiques son por lo común de construcción liviana, tal como una fina estera soportada por una estructura liviana de estacas de bambú. En las islas Filipinas y generalmente en el Lejano Oriente, donde los bambúes disponibles son enteramente satisfactorios, los tabiques y aun los muros exteriores de las casa se cubren con esteras trenzadas de finas tiras de cañas. Para este objeto se prefieren cañas de bambú de paredes delgadas y madera resistente, tales como las que proporcionan dichas especies del género *Achizostachyu*.

El cielo raso puede formarse con una serie de cañas delgadas colocadas en serie apretadas o con una serie de listones obtenidos por rajamiento de cañas grandes. En muchas regiones la vara de bambú es usada como cielo raso.

Imagen 3.2

Estructura diseñada y construida con bambú.



3.1.3 Pisos, puertas y ventanas.

Por razones prácticas las aberturas de las ventanas y puertas son generalmente dispuestas en tensiones mínimas. Se les puede dar estructura de madera de bambú. Las puertas pueden ser maderas de un entrelazado de tiras de bambú dispuestas sobre una estructura de cañas del mismo material o, un panel de estrellita de bambú colocado sobre un cuadro de madera dura, también de la especie de robusto portón construido con barrotes de bambú.

Si se proveen ventanas de abrir, pueden estructurarse en madera o bambú. En muchas ventanas no emplean vidrio ni mallas contra mosquitos. El cierre puede proveerse mediante una estructura cubierta de una estera de bambú o de hoja de palma. Las ventanas usualmente se cuelgan de la parte superior; cuando se abren, como sucede durante la mayor parte del día, sirven como protección contra los rayos solares directos y las lluvias ligeras. Para frustrar las intenciones de los ladrones se emplean frecuentemente barrotes permanentes de bambú, muchas veces pintados de negro para simular barrotes de hierro.

Imagen 3.3

Puerta con ventanales y fijos laterales contruidos con bambú. Arq. Juan Carlos Valdez



3.1.4 Techo.

A causa de su alta resistencia se usa el bambú, con excelentes ventajas, en los elementos estructurales de la construcción del techo. Al diseñar el techo debe tenerse en cuenta la naturaleza del peso de la cubierta que va a ser empleada, ya sea de paja, hojas de palmera, medias cañas de bambú, tejas de bambú, hierro galvanizado ondulado.

Las dimensiones, orientaciones y esparcimiento de las unidades estructurales individuales, que soportan la cubierta del techo, han de variar de acuerdo con las necesidades de cada caso.

Imagen 3.4

Estructura exterior para techo de una casa ecológica. Arq. Juan Carlos Valdez.



3.1.5 Canales y desagües.

Las cañas de ciertos bambúes, una vez eliminados los diafragmas, sirven admirablemente para la construcción de canales y desagües, así como para formar canales que traerán el agua de uso potable, por gravedad desde la fuente hasta la casa. Las cañas de bambú cortadas longitudinalmente hacen muy satisfactoriamente de canalones.

Cuando la lluvia es poca y el agua debe ser conservada, se emplean para conducir el agua del techo hacia puntos alejados, evitando la excesiva humedad de la casa.



Imagen 3.5

Caudal de agua desde el canal de bambú en la cuenca de piedra Tsukubai.

Imagen obtenida de: (http://es.123rf.com/photo_13540081_caudal-de-agua-desde-el-canal-de-bambu-en-la-cuenca-de-piedra-tsukubai.html)

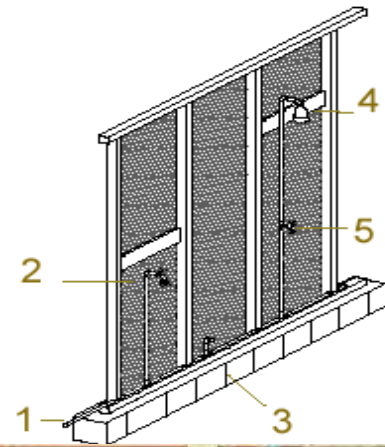
En Japón se han construido acueductos cerrados mediante tubería de bambú, pero las uniones a prueba de escapes son difíciles de realizar.

3.1.6 Agua potable.

La acometida del agua potable debe conectarse a derivaciones que vayan a la cocina y al baño para abastecer de agua a los muebles.

Imagen 3.6 y 3.7

Esquema de detalles, para la red de agua potable con Bambú.



La acometida puede ir por el borde exterior de la vivienda o bajo el piso de cemento.

Imágenes obtenida de: *Curso "Bambú + Muros de tierra"*

Es preferible el borde exterior porque así facilita su mantenimiento.

Imagen 3.8

Esquema de aguas servidas

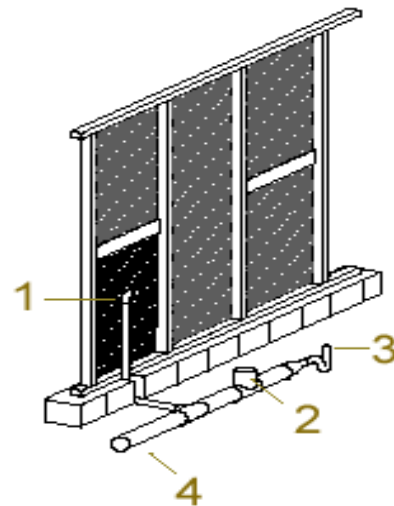


Imagen obtenida de: *Curso "Bambú + Muros de tierra"*

Las aguas servidas serán desalojadas mediante tuberías de dos pulgadas (lavamanos, duchas, lavadero de cocina) y de cuatro pulgadas (inodoros).

De manera general el agua servida tendrá que ser desalojada mediante tuberías de 4 pulgadas, que se conectarán a los registros.

De los registros, las tuberías se orientarán hacia la red de alcantarillado público o tanques sépticos.

En los tubos de bambú se perforan los tabiques interiores de los nudos con ayuda de una varilla o la sección de un tubo de acero, dependiendo del diámetro de la perforación. Los empalmes de los tubos pueden hacerse de diferentes maneras, pero en este proyecto se recomienda el empalme telescópico, el cual consiste en introducir el extremo más delgado de un tubo en otro de mayor diámetro, el empalme se hace de manera que el agua corra del tubo del extremo más delgado al de mayor diámetro.

3.1.7 Estructura portante.

La estructura portante es el esqueleto de una edificación y como tal debe soportar el peso propio de las paredes, de la cubierta y las demandas que ocasionen los sismos y los vientos.

En la estructura portante se distinguen los elementos verticales (columnas), los horizontales (vigas), y los inclinados (diagonales).

De la calidad de la estructura portante depende la estabilidad de la edificación.

En las construcciones con bambú, por lo general se utilizan culmos anchos y de paredes gruesas como material de estructura portante.

Las columnas no pueden enterrarse directamente en el suelo o empotrarse en el concreto, por lo que se requiere una cimentación adecuada que aisle el bambú de la humedad del suelo y de la lluvia. Realizada la cimentación y los sobre cimientos, las columnas deben ubicarse sobre las varillas que previamente se dejaron empotradas y sobresalidas.



Imágenes 3.9 y 3.10 Diseño de columnas como estructuras portantes.

Imágenes obtenidas de: *Curso "Bambú + Muros de tierra"*

3.1.8 Concreto reforzado con Bambú.

Hay diversos documentos de orden público sobre el empleo del bambú en el refuerzo de las estructuras de concreto o partes de ella, indican que esta práctica ha sido empleada localmente, durante algunas décadas por lo menos, en el Lejano Oriente (china, Japón e islas Filipinas).



Imagen 3.11 Arquitectura: 2011: Sinfonía de bambú. Hermoso edificio que invita a construir con materiales tradicionales: Manasaram Architects

Para darle forma al ondulante edificio, se utilizaron en su mayoría materiales locales, reciclados y naturales como el bambú, la madera, el metal y la piedra. Es importante mencionar que la estructura, además de estar conformada por bambú, se compone de bloques de barro y un techo de concreto colado sobre una rejilla de celosía de bambú, que entrega sombra y masa térmica.

Imagen obtenida de: (http://noticias.arq.com.mx/Detalles/12538.html#_Ue7M5Y3EIkp)

3.1.9 Paredes y paneles

La diferencia entre paneles y paredes es que los paneles son prefabricados mientras que las paredes son hechas en el propio lugar.

Las paredes que se presentan a continuación son originarias de lugares muy diferentes, por lo que responden a diversos climas y recursos disponibles.

- **Pared de Bahareque**

Imagen 3.12

Esta pared tiene su origen en Arabia. Se refiere a una doble pared rellena con tierra, aunque también se la usa sin relleno en regiones cálidas y húmedas.



Imágenes obtenidas de: *Curso "Bambú + Muros de tierra"*

- **Pared quincha**

La quincha es muy eficaz como material antisísmico debido a la elasticidad del entramado de caña, el cual absorbe las vibraciones evitando que se propaguen por el resto de la estructura. Además su ligereza facilita su montaje, aminora las cargas sobre la edificación y en caso de colapso no provoca demasiados daños. Adicionalmente tiene un razonable aislamiento térmico debido a su mediana *inercia térmica*, cualidad que es proporcionada por el recubrimiento de barro.

Es un sistema constructivo tradicional de *Sudamérica y Panamá* que consiste fundamentalmente en un entramado de caña o bambú recubierto con *barro*. Entramados similares a la quincha han sido usados en las construcciones desde muy temprano en el *Antiguo Perú*, y en el *Virreinato del Perú*, su utilización masiva se difundió debido a su poco peso y elasticidad. La quincha era usada por la tradición Bato o la cultura Lolloe en el siglo III. Fue heredada por muchos pueblos dentro de los cuales se encuentran los del Wallmapu.

Imagen 3.13 Pared Quincha



Imagen obtenida de:<http://es.wikipedia.org/wiki/Quincha>

- Pared ipirti

Pared entretejida de caña y revestida con barro, en su mayoría. Sistema *IPIRTI* modificado desarrollado en la India.

Imagen 3.14 Pared Ipirti



Imagen obtenida de:http://tesis.ula.ve/pregrado/tde_busca/archivo.php?codArquivo=2943

3.2 PROPIEDADES PARA DISEÑO EN LA CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ

El diseño de estructuras de guadua se ha visto limitado pues no ha existido un procedimiento de diseño, a pesar de que se ha realizado una gran cantidad de investigaciones sobre sus propiedades mecánicas. Este trabajo parte de los resultados de las propiedades mecánicas para posteriormente se determine los esfuerzos admisibles. Con base en esto se proponen procedimientos de diseño de elementos sometidos a compresión (columnas), y de elementos sometidos a flexión (vigas, viguetas y correas). Se propone además una forma de selección de uniones, de acuerdo a las necesidades de resistencia de cada caso.

3.2.1 Propiedades Físico-Químicas

Entre los tecnólogos que más detenidamente estudiaron el bambú cabe destacar el *Arquitecto Alemán Frie Otto*, catedrático de la Universidad Politécnica de Stuttgart. Sus investigaciones en la década de los 80' han demostrado que en general esta gramínea es un material combustible que retrasa el fuego (*Norma DIN 4102, Reacción al fuego de los materiales para la construcción*).

La corteza puede resistir excelentemente gracias a su elevado contenido de ácido silíceo que funciona como si fuera una protección ignífuga. En el Sudeste asiático los indígenas siguen utilizando troncos de bambú como ollas, de hecho soporta, increíblemente, hasta 400⁰C y llegaría a carbonizarse totalmente después de que el agua se haya evaporado. Otro dato curioso deducido de la cultura indígena es que a pesar de la inflamabilidad del techo de las viviendas, generalmente de hojas secas, cuando este se incendia puede quemarse completamente, pero sin llegar a afectar la estructura en bambú, lo que en cambio ocurría al cabo de unos minutos con una estructura de madera de la misma sección.

3.2.1.1 Peso específico.

Esta propiedad varía con la humedad, pero para cañas que se secaron al aire (18% de humedad), oscila entre 0,70 y 0,80 kg/dm³. Si se considera solo la pared, puede llegar a 0,85 kg/dm³. El peso específico depende también de la porción de caña analizada: a la base ronda los 0,57kg/dm³ (mayor volumen hueco) y en la cima 0,76 kg/dm³.

3.2.1.2 Conductividad térmica.

Expresa el poder aislante de un material: entre más bajo sea el valor, más poder aislante tiene. En el bambú depende del sentido de propagación de flujo de calor y del elemento que se esté ensayando. A continuación se muestran algunos ejemplos de materiales y el bambú ensayados y su comparación entre sí.

Tabla 3.1 Conductividad térmica [λ]

Material secado en horno	Peso C específico (kg/dm ³)	Conductividad térmica l (kg/dm ³) (Kcal / m h °C)
	Perpendicular a las fibras	Paralela a las fibras
Abeto común	0,40 - 0,43	0,104 0,191
Bambusa textilís	0,37 - 0,85	0,088 0,143

Material secado en horno	Conductividad térmica l (kg/dm ³) (Kcal / m h °C)
Panel comercial en Corcho	l = 0,038
Panel comercial en poliestireno expandido	l = 0,035
Haz de cañas con diámetros > 15 mm	l ~ 0,07 (comprable con la lana de madera)
Haz de cañas con diámetros < 15 mm	l ~ 0,04 (comparable con el junco)

Tomado de: *Giovanna Barbaro, Transformacion e Industrializacion del Bambú*

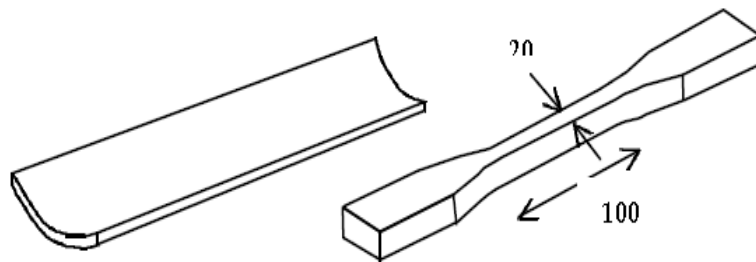
3.2.1.3 Tracción. (Propiedad mecánica)

La prueba de tracción es uno de los ensayos de materiales más comunes para determinar propiedades mecánicas; sin embargo, para la guadua no ha resultado tan común, pues quienes se habían interesado por estudiarla siempre indagaron acerca del comportamiento del tallo completo, y se encontraban con cierta dificultad al tratar de sujetarlo para jalar de él sin que los efectos locales del mecanismo de sujeción lo dañaran.

Quizá sea esa la razón por la que casi no se cuenta con registros de datos de ensayos a tracción; en consecuencia se opta por hacer el ensayo con latas de guadua, y recientemente con latas de guadua ahusadas (**imagen 3.14**), para facilitar el agarre de las probetas según la recomendación del *INBAR STANDARD FOR DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO*, que trata de homologar los ensayos de bambú a partir de 1999.

Imagen 3.15

Latas de guadua, entera y ahusada



Con el uso de estas últimas probetas, se proporciona una buena zona de agarre y además se induce a que la falla ocurra hacia el centro de la probeta, donde las tensiones son más uniformes y fáciles de calcular.

Los resultados de los ensayos de tracción se muestran en la distribución de la **gráfica 3.1**, donde se observa que la tendencia es normal, los datos se agrupan alrededor de la media, 53.51 MPa, con una desviación estándar de 11.6 MPa. Con base en este gráfico se determinará un valor de diseño para tracción.

- **Valor de diseño por esfuerzos admisibles a tracción.**

Utilizando como criterio que el esfuerzo resistente en condiciones últimas es el que corresponde al límite de exclusión del 5% (es decir, se espera que de toda la población de dicha especie, solo el 5% tenga una resistencia menor).

El valor que define el límite de exclusión del 5% es el ensayo número $0.05 * n$, siendo n por lo general un número pequeño de muestras, en este caso 30.

$$\text{Limite de exclusión} = 0.05 * 30 = 1.5 \gg 1$$

El esfuerzo último corresponde al valor más bajo que se registre en los ensayos.

$$u = 35.25 \text{ MPa.}$$

Para determinar el esfuerzo admisible se debe reducir el esfuerzo último con varios factores de seguridad; en el caso de la tracción se utilizan dos:

FS = 1.2 (Factor de servicio y seguridad, mediante el cual se busca exigir el material por debajo del límite de proporcionalidad).

FDC = 1.11 (Factor de duración de carga).

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{1}{FS * FDC} \\ \sigma_{adm} &= \phi * \sigma_u \\ \sigma_{adm} &= 0.75 * 35.25 = 26.4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Este valor de esfuerzo admisible a tracción paralela, es aplicable solo a latas de guadua, para el caso en el que se tengan elementos de guadua rolliza sometidos a tracción el análisis se debe concentrar en la unión. La **Tabla 3.2** muestra una serie de resultados obtenidos al someter una especie de bambú, la cual puede ser utilizada como referencia para cualquier tipo de bambú.

Tabla 3.2 Resistencia a Tracción

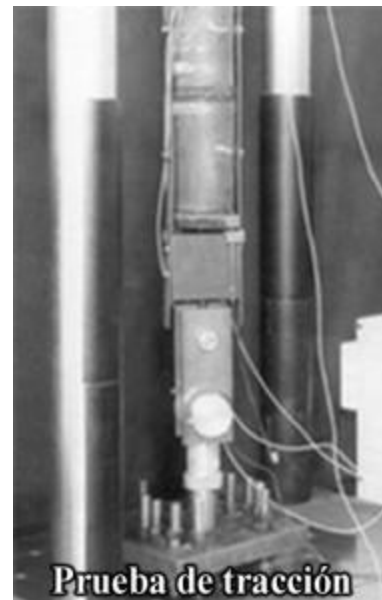
Elemento Ensayado	Esfuerzo de tracción a rotura (kg/cm ²)	
	caña Ø 80 cm	caña Ø 30 cm
	Bambú (fibras externas)	3.068 a 3.273
Bambú (fibras internas)	1.484 a 1.633	1.353 a 1.947
Bambú (sección bruta)	1.627 a 2.151	2.325 a 2.758
Madera de coníferas	500 a 1.500	
Madera de caducifolia	200 a 2.600	
Seda	3.500	
Lino	6.000 a 11.000	
Acero de construcción	3.700 a 5.200	

Tomado de: *Giovanna Barbaro, Transformacion e Industrializacion del Bambú*

Imagen 3.16

Prueba de tracción a bambú. La zona exterior tiene una firmeza a la tracción de dos a tres veces más que el interior. En los nudos esta firmeza es moderada, puesto que las fibras se cruzan, teniendo que los nudos disminuyen la firmeza a la tracción. También con palos de más de 5 años su firmeza a tracción se reduce.

Imagen obtenida de: (<http://bricoblog.eu/bambu/>)



3.2.1.4 Resistencia a compresión. (Propiedad mecánica)

Esta característica depende de las condiciones solicitadas para el ensayo del elemento a estudiar. En la tabla se anotan los datos promedios de dos distintos diámetros de cañas de bambú sometidos a compresión. Se analiza la influencia de la desviación de la fibra en la resistencia a la tensión paralela y la orientación de los anillos de crecimiento en la resistencia al cortante paralelo de las especies con el propósito de definir criterios de aceptación de estas características en la madera para fines estructurales. **Tabla 3.3**

(González, Cerón, Solís. Esfuerzos cortante y de tensión paralelos a la fibra en madera tropical de crecimiento rápido. 2004)

Tabla 3.3 Resistencia a Compresión

Resistencia a Compresión		
Sección de Bambú Ensayada.	Esfuerzo de compresión (kg/cm ²)	
	Ø 60 cm	Ø 32 cm
Paralelo a las fibras	636	863
Perpendicular a las fibras	525 a 930	

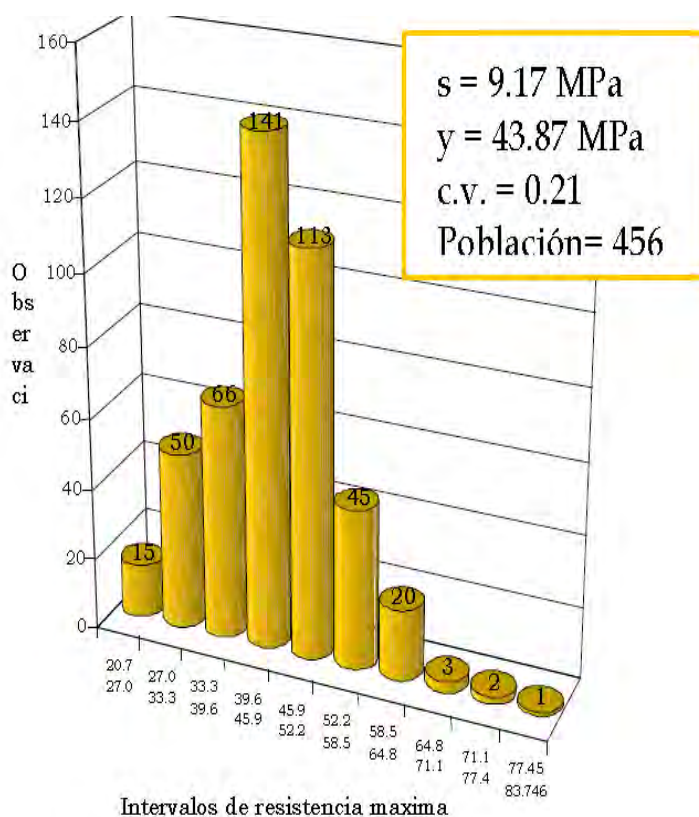
Tomado de: *Giovanna Barbaro, Transformacion e Industrializacion del Bambú*

En otro elemento encontrado, se tiene la **gráfica 3.1**, así como la **tabla 3.4**, respectivamente, que muestran la distribución de las resistencias máximas a compresión, el comportamiento de las columnas está condicionado por la longitud de las mismas, por lo que, para hacer esta distribución se trató de dejar a un lado el problema del pandeo, las columnas largas e intermedias fueron convertidas en cortas y sus resistencias máximas a compresión convertidas en resistencias máximas para columnas equivalentes de longitud 0.12 m, mediante un procedimiento aproximado.

Gráfica 3.1

Histograma de resistencias máximas a Compresión

Dentro del intervalo central, se localiza el 31% del total de la población y entre los dos más importantes suman el 56% de los ensayos, apenas un 29% está por debajo del intervalo más importante, mientras que por encima está el 40%.



Tomado de: *López y Trujillo, DISEÑO DE UNIONES Y ELEMENTOS EN ESTRUCTURAS DE GUADUA*

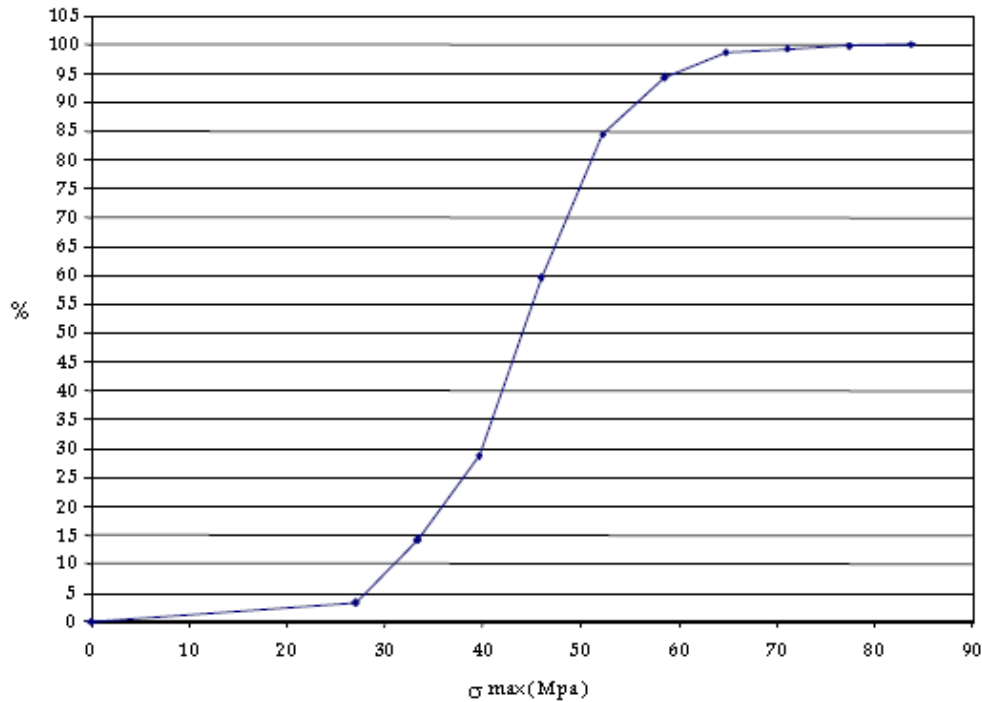
Tabla 3.4 Resumen de resultados a Compresión

Longitud (m)	Probeta	Promedio (MPa)	Desviación estándar (MPa)	C.V
0.12	30.00	47.70	10.23	0.21
0.50	61.00	42.46	11.66	0.27
1.00	42.00	36.28	6.39	0.18
2.00	44.00	26.36	4.82	0.18
3.00	41.00	16.77	4.91	0.29

Tomado de: *Giovanna Barbaro, Transformacion e Industrializacion del Bambú*

- Valor de diseño por esfuerzos admisibles a compresión.

De la **gráfica 3.2** se obtiene el valor del esfuerzo último para 5%, percentil correspondiente a una resistencia de 28 MPa.



Gráfica 3.2 Frecuencias acumuladas de esfuerzos últimos a compresión

Tomado de: *López y Trujillo, DISEÑO DE UNIONES Y ELEMENTOS EN ESTRUCTURAS DE GUADUA*

Para determinar el esfuerzo admisible se debe reducir el esfuerzo último con varios factores de seguridad; en el caso de la compresión se utilizan dos:

FS = 1.6 (Factor de servicio y seguridad, mediante el cual se busca exigir el material por debajo del límite de proporcionalidad).

FDC = 1.25 (Factor de duración de carga).

$$\phi = \frac{1}{FS * FDC}$$

$$\sigma_{adm} = \phi * \sigma_u$$

$$\sigma_{adm} = 0.5 * 28 = 14MPa$$

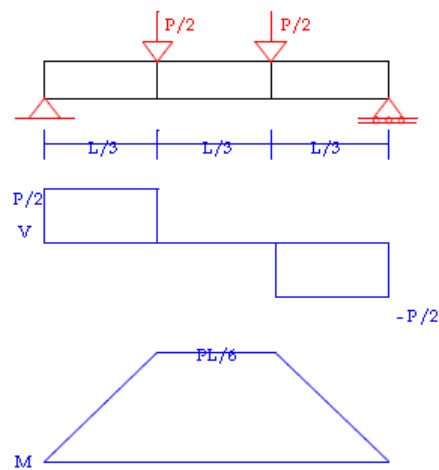
3.2.1.5 Resistencia a flexión simple. (Propiedad mecánica)

La deformación se expresa en términos de “flecha elástica” y a continuación se anota el promedio medido experimentalmente en cañas con diámetro de 70 a 100 mm de la misma longitud (L).

Una viga constituye un miembro estructural que se somete a cargas que actúan transversalmente al eje longitudinal. Las cargas originan acciones internas, o resultantes de esfuerzo en forma de fuerzas cortantes y momentos flexionantes, éstos son función de la distancia X medida sobre el eje longitudinal. **Imagen 3.17**

Imagen 3.17

Diagramas de fuerza cortante y momentoflector.



Tomado de: *López y Trujillo, DISEÑO DE UNIONES Y ELEMENTOS EN ESTRUCTURAS DE GUADUA*

Al realizar el análisis de la viga se debe tener en cuenta que los mayores esfuerzos son los normales (perpendiculares a la sección). Cada fibra de la viga está sometida a tracción o compresión, esto es, las fibras están en un estado de esfuerzo uniaxial.

Así, los esfuerzos normales que actúan sobre la sección transversal varían linealmente con la distancia "y", medida a partir de la superficie neutra. Se debe tener en cuenta que los esfuerzos máximos se presentan en los puntos más alejados del eje neutro.

En el caso de la guadua esto sería igual a un radio exterior. Para calcular los esfuerzos máximos de flexión en una viga de guadua se utiliza la siguiente ecuación:

$$\sigma_x = \frac{My}{I}$$

Donde:

σ_x = Esfuerzo normal máximo.

M = Momento máximo (PL/6).

y = Radio exterior.

I = Momento de inercia.

- Corte paralelo a la fibra.

El esfuerzo cortante medio T_m , se define como:

$$T_m = V/A$$

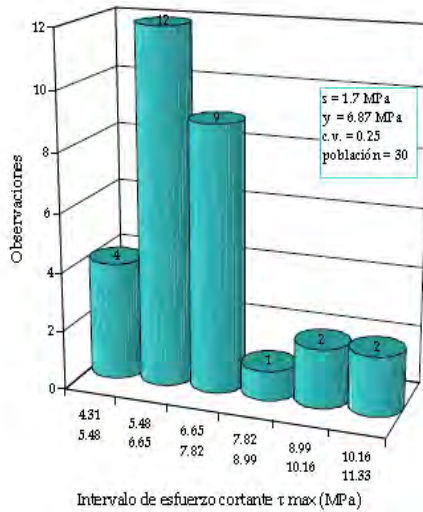
Cuando el esfuerzo cortante es generado por acción de fuerzas directas que intentan de cortar el material, se trata de cortante directo o simple; el esfuerzo cortante se presenta también de manera indirecta en miembros que trabajan a tracción, torsión y flexión. La distribución de esfuerzos cortantes sobre una sección, se sabe que es mayor en el centro y se hace nula en los extremos.

En la **gráfica 3.3**, se muestra la distribución de las resistencias al corte de probetas. El comportamiento es dominado por dos intervalos donde se concentran el 70% del total de las muestras.

La media es 6.87 MPa y se localiza en el segundo intervalo más importante. La desviación estándar fue de 1.7 MPa, que resulta pequeña comparada con los ensayos de tracción, compresión y flexión, lo que muestra una homogeneidad en la resistencia al corte de la guadua. El coeficiente de variación resultó 0.25 que por tratarse de un material natural es aceptable.

Gráfica 3.3

Histograma de resistencias máximas al corte.



Tomado de: *López y Trujillo, DISEÑO DE UNIONES Y ELEMENTOS EN ESTRUCTURAS DE GUADUA*

- Valor de diseño por esfuerzos admisibles a esfuerzo cortante.

Utilizando el mismo criterio que para el valor de diseño a tracción, en el cual, el esfuerzo resistente en condiciones últimas es el que corresponde al límite de exclusión del 5%.

$$\text{Limite de exclusión} = 0.05 \cdot 30 = 1.5 = 1$$

Es decir, el esfuerzo último corresponde al valor más bajo registrado en los ensayos.

$$u = 4.31 \text{ MPa}$$

Para determinar el esfuerzo admisible se debe reducir el esfuerzo último con varios factores de seguridad. En el caso del esfuerzo cortante se utiliza: $FS = 4$ * (Factor de servicio y seguridad, mediante el cual se busca exigir el material por debajo del límite de proporcionalidad).

* incluye factor por concentración de esfuerzos = 2

$$\phi = \frac{1}{FS}$$

$$\sigma_{adm} = \phi * \sigma_u$$

$$\sigma_{adm} = 0.25 * 4.31 = 1.1MPa$$

En los resultados obtenidos de esfuerzo admisible a cortante fue de 1.2 MPa, lo que es llamativo dado que este resultado fue determinado de forma indirecta en los ensayos de flexión.

Para el diseño de elementos estructurales de guadua; se pueden utilizar los valores de esfuerzo admisible que se muestran en el cuadro 2 junto a sus respectivos esfuerzos máximos promedio obtenidos de los ensayos.

Tabla 3.5 Esfuerzos máximos promedio y admisibles para guadua

ENSAYO	σ	σ medio (MPa)	σ adm (MPa)
TRACCION	0.75	53.50	26.40
COMPRESION	0.50	43.90	14.00
FLEXION	0.48		15.00
CORTE	0.25	6.90	1.10
-	-	-	-

Tomado de: *López y Trujillo, DISEÑO DE UNIONES Y ELEMENTOS EN ESTRUCTURAS DE GUADUA*

Tabla 3.6 Esfuerzos Admisibles (MPa)

Grupo	Flexión fm	Tracción Paralela ft	Compresión Paralela fc=	Compresión Perpendicular fc~	Corte Paralelo fv
A	21	14.5	14.5	4	1.5
B	15	10.5	11	2.8	1.2
C	10	7.5	8	1.5	0.8
GUADUA	15	26.4	14	(Mortero)	1.1

Tomado de: *López y Trujillo, DISEÑO DE UNIONES Y ELEMENTOS EN ESTRUCTURAS DE GUADUA*

3.2.1.6 Módulo de elasticidad. [E] (Propiedad mecánica)

Es un coeficiente adimensional y se define como la relación lineal, conocida como la Ley de Hooke, entre la tensión debida a la carga aplicada al material y su deformación.

Al igual que en la madera tradicional, decrece de un 5 - 10% con el aumento de la carga. Depende del tipo de esfuerzo aplicado, y del tipo de fibra (interna o externa de la sección solicitada) Desde un punto de vista estructural, para cañas enteras sometidas a flexión se puede adoptar el dato promedio reflejado en la siguiente tabla y en manuales especializados.

Tabla 3.7Módulo de Elasticidad [E]

Material	Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)
Bambú (caña entera solicitada a flexión)	200
Madera (no resinosa, solicitada a flexión)	100
Acero	2,100,000
Hormigón ordinario (a compresión)	220,000 a 360,000

Tomado de: *López y Trujillo, DISEÑO DE UNIONES Y ELEMENTOS EN ESTRUCTURAS DE GUADUA*

En las estructuras de guadua es muy común encontrar elementos sometidos a compresión es el caso de las columnas. Un elemento sometido a compresión esta por lo general de forma vertical dentro de la estructura y recibe cargas de tipo axial.

Este procedimiento de diseño se basa en la tesis de grado “Determinación de la resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua de castilla” de los ingenieros agrícolas *José Virgilio Martín B y Lelio Rafael Mateus T. (Universidad Nacional De Colombia 1981)*. Además de resultados obtenidos por el convenio AIS-FOREC en el año 2000.

El Título E.7 de la NSR 98 estipula que en columnas de guadua en una estructura de bahareque, el número de guaduas se determina de la siguiente manera:

$$N_c = P_u / (A_g \cdot F_c).$$

Donde:

N_c = Es el número de columnas.

P_u = La carga.

A_g = El área de la guadua.

F_c = el esfuerzo a compresión admisible (8MPa).

3.2.1.7 Compresión axial.

Es la manera más eficiente que tienen los elementos estructurales de resistir, las cargas se producen cuando tienen una orientación coincidente con el eje longitudinal de los elementos.

Es común darles a estos miembros el nombre de columna, poste o puntal. Por razones prácticas se utilizará el nombre genérico de columna para identificar a cualquier miembro sujeto a compresión axial pura, independientemente de que su posición en la estructura sea vertical, horizontal o inclinada.

- Procedimiento de diseño.
 - 1) Definir bases de Cálculo.
 - a) Cargas a considerarse en el diseño.
 - b) Condiciones de apoyo y factor de longitud efectiva.
 - 2) Determinar esfuerzos máximos.
 - 3) Establecer los esfuerzos admisibles, módulo de elasticidad y C_k .
 - 4) Seleccionar una sección adecuada y obtener propiedades geométricas.
 - 5) Calcular la esbeltez l .
 - 6) Calcular la carga admisible.
- Condiciones de apoyo y factor de longitud efectiva.

El diseño de elementos sometidos a compresión o flexocompresión debe hacerse tomando en cuenta su *longitud efectiva* (l_{ef}). La longitud efectiva es la longitud teórica de una columna equivalente con articulaciones en sus extremos.

Esta longitud de la columna doblemente articulada es la que interviene en la determinación de la carga máxima por pandeo que puede soportar una columna. Esta se obtiene multiplicando la longitud, l , por un factor de longitud efectiva, K , que considera las restricciones o el grado de empotramiento que sus apoyos extremos le proporcionan.

$$l_{ef} = k \cdot l$$

- Esbeltez.

A diferencia de las columnas de madera aserrada cuya sección es por lo general de forma rectangular lo que hace que tenga una dirección más débil que la otra en la guadua no se presenta esto dado que es simétrica en todas las direcciones.

En columnas de guadua la esbeltez está dada por la expresión:

$$\lambda = l/i$$

Donde:

λ = es la esbeltez.

l = la longitud de la columna.

i = es el radio de giro.

Entonces el radio de giro i es igual a:

$$i = \sqrt{I/A}$$

Donde I es el momento de inercia de la sección y A es el área. Simplificando la ecuación anterior queda:

$$i = \sqrt{(de^2 + di^2)/4}$$

Donde:

de = es el diámetro exterior.

di = el diámetro interior de la guadua.

También se determinó que el C_k , que corresponde al punto donde la columnas intermedias pasan a ser largas en la gráfica de esfuerzo contra esbeltez.

$$C_k = 2.72 * \sqrt{\frac{E}{f_{adm}}}$$

Factor de seguridad aplicado a Euler, sólo 2.0.

- Clasificación de Columnas de Guadua.

- ◆ Para columnas de guadua
- ◆ Columnas Cortas $\lambda < 30$
- ◆ Columnas Intermedias $30 < \lambda < C_k$
- ◆ Columnas Largas $C_k < \lambda < 150$
- ◆ $\lambda > 150$ es inaceptable

- ◆ Columnas cortas.

Las columnas cortas ($\lambda < 10$) fallan por compresión o aplastamiento, por lo que su carga admisible puede calcularse como:

$$P_{adm} = f_{adm} * A$$

Donde P_{adm} corresponde a la carga axial admisible, f_{adm} es el esfuerzo admisible para compresión paralela a la fibra y A es el área de la sección.

- ◆ Columnas intermedias.

Las columnas intermedias ($30 < \lambda < C_k$) fallan por una combinación de aplastamiento e inestabilidad lateral (pandeo). Su carga admisible puede estimarse como:

$$P_{adm} = f_{adm} * A * \left[1 - \frac{1}{3} * \left(\frac{\lambda}{C_k} \right) \right]^4$$

Donde relación de esbeltez.

$$C_k = 2.72 * \sqrt{\frac{E}{f_{adm}}}$$

E = Modulo de elasticidad de la guadua.

Para columnas intermedias, se ha adoptado la ecuación empírica propuesta por el *National Forest Products Laboratory de Madison, Wisconsin, EE.UU.*

◆ Columnas largas.

La carga admisible de columnas largas ($Ck < \lambda < 150$) se determina por consideraciones de estabilidad.

Considerando una adecuada seguridad al pandeo la carga crítica P_{adm} según la teoría de Euler se reduce a:

$$P_{adm} = 4.93 * \left(\frac{E * A}{\lambda^2} \right)$$

- Elementos sometidos a flexo-compresión.

Estos elementos deben diseñarse para satisfacer la siguiente ecuación:

$$\frac{P}{P_{adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * f_m} < 1$$

Donde:

f_m = esfuerzo admisible a flexión.

k_m = factor de magnificación de momentos debido a la presencia de la carga axial.

$|M|$ = Momento flector máximo del elemento (valor absoluto)

P_{adm} = carga axial admisible calculada.

Z = modulo de sección.

P = carga axial aplicada

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 * \frac{P}{P_{cr}}}$$

p_{cr} = Carga crítica de Euler.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{l_{ef}^2}$$

Se observa que la carga crítica no depende directamente de la resistencia del material, sino que es inversamente proporcional al cuadrado de la longitud y se puede aumentar

utilizando material más rígido (mayor E) o utilizando secciones con más momento de inercia.

Esta es una buena razón para afirmar que la guadua es buena para soportar pandeo, su sección transversal es un tubo.

La manera más efectiva de poner masa alejada del centroide es poniéndola alrededor; en otras palabras entre varias secciones de igual área, la más efectiva para resistir pandeo es el tubo, pues tiene mayor momento de inercia.

- Diseño de elementos sometidos a Flexión.

Los elementos sometidos a flexión son elementos horizontales o casi horizontales que soportan cargas perpendiculares, o casi perpendiculares a su eje. Vigas, viguetas y correas son algunos ejemplos. Este procedimiento de diseño se basa en el propuesto en el “Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino” de la Junta del Acuerdo de Cartagena, y se basa en los resultados de la tesis de grado “Comportamiento de la guadua angustifolia sometida a flexión” de los ingenieros civiles *Edwin Prieto y Jorge Sánchez (Universidad Nacional sede Bogotá, 2001)*.

El procedimiento para madera aserrada propuesto por la Junta del Acuerdo de Cartagena, JUNAC, consta de nueve puntos, el adaptado para la guadua consta de tan sólo siete, el cual se describe a continuación:

1) Definir bases de cálculo.

1.a) Cargas a considerarse en el diseño.

1.b) Deflexiones admisibles.

La guadua es un material sumamente elástico y flexible y se deforma mucho antes de fallar, sobre todo los elementos de gran longitud. Sin embargo en una construcción no se pueden tolerar grandes deformaciones en vigas y viguetas, porque tiene un aspecto desagradable, porque puede dañar un cielorraso y porque estaría asociado a grandes vibraciones. Todo esto implica que es necesario asegurar la rigidez al igual que la resistencia.

Para determinar las deflexiones admisibles se debe considerar las deflexiones diferidas, es decir, las causadas en el tiempo y las deflexiones cortas, o sea, las vibraciones.

Las deflexiones diferidas se calculan con la suma de la carga muerta, más la carga viva. Sin embargo, la carga muerta se incrementa en un 80% debido a la fluencia plástica del material o “creep”. Una vez se determina cuanta va a ser la deflexión diferida se asegura que sea menor que:

- ✓ L / 300 en edificaciones con cielo raso de yeso
- ✓ L / 250 en edificaciones sin cielo raso de yeso
- ✓ L / 200 en edificaciones industriales o en techos inclinados

Las vibraciones se calculan sólo con la carga viva. Esta deflexión debe ser menor que:

- ✓ L / 350 en todo tipo de vivienda
- ✓ L / 480 si se desea minimizar la vibración

L es la distancia entre caras de apoyos. Así por ejemplo una viga de 3.50 m no debe deflectarse más de 1 cm debido a la carga viva.

Las deflexiones causadas por una carga distribuida sobre una viga simplemente apoyada se calculan con la siguiente ecuación:

$$\Delta_{m\acute{a}x} = \frac{5wl^4}{384EI}$$

1.c) Cálculo de espaciamiento.

Cuando se utilizan guaduas como viguetas o correas, si se tiene problemas de resistencia o rigidez, una solución simplemente consiste en acercar entre si los elementos.

2) Efectos máximos: máximo momento flector M y máxima fuerza cortante V.

3) Establecer los esfuerzos admisibles de flexión, corte, compresión perpendicular y módulo de elasticidad.

Cuando se estén diseñando vigas se utiliza el esfuerzo admisible de la tabla y el módulo de elasticidad que figura como *E_{min}*. En el caso de las viguetas se usa el esfuerzo admisible más 10% y el E promedio, siempre y cuando haya por lo menos 4 viguetas y posibilidad de redistribución de la carga.

4) Cálculo del Momento de Inercia I , necesario por flexiones.

Para que el elemento no se deforme excesivamente es necesario tener un momento de inercia (I) suficiente para que esto no ocurra. Transformando la ecuación de deflexión admisible se obtiene que:

$$I_{elemento} \leq I_{necesario} = \frac{5wl^3 \cdot k}{384E}$$

Donde I es el momento de inercia del elemento, w la carga distribuida, k la deflexión admisible (según el caso), y E el módulo de elasticidad. Este cálculo debe hacerse dos veces, una por deflexiones diferidas ($k = 200, 250$ ó 300) y otra por vibraciones ($k = 350$ ó 480).

5) Calcular el módulo de sección Z .

Para que el elemento no vaya a fallar es necesario tener un módulo de sección (Z ó S) suficiente para que esto no ocurra. El esfuerzo flector que sufre una viga es igual al momento flector dividido por el módulo de sección.

$$\sigma_m = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{M}{Z}$$

Esta ecuación puede ser reorganizada para obtener el módulo de sección necesario:

$$Z_{elemento} \leq Z_{necesario} = \frac{M}{f_m}$$

Donde Z es el módulo de sección, M es el máximo momento flector y f_m es el esfuerzo admisible a flexión de la guadua.

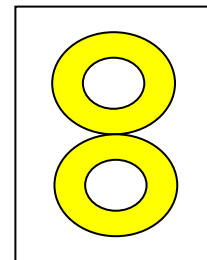
6) Cálculo del Momento de Inercia y el Módulo de Sección del Elemento.

Una vez que se cuantifica el momento de inercia necesario, se busca la guadua o configuración de guaduas que cumplan este requisito. Para ello, se pueden usar tablas o ecuaciones, por ejemplo:

Para una guadua:

Para una viga de dos guaduas (una encima de la otra):

$$I = \frac{\pi 5d_e^4 - d_1^4 - 4d_e^2 d_1^2 i}{32}$$



$$Z = \frac{\pi 5d_e^4 - d_i^4 - 4d_e^2 d_i^2}{32d_e}$$

Una vez que se conoce el módulo de sección necesario, se busca la guadua o configuración de guaduas que cumplan este requisito. La mayor de las guaduas o configuración de guaduas se escoge como el elemento a utilizar.

7) Verificar el esfuerzo cortante.

Por último, debe cerciorarse de que no vaya a ocurrir una falla por cortante. En una sola guadua se revisa que no ocurra en la pared, y si es con dos guaduas debe revisarse en la unión entre estas.

El esfuerzo cortante de un elemento sometido a flexión obedece a la ecuación:

$$\tau = V \cdot Q / b \cdot I$$

Donde V es la fuerza cortante en la sección; Q es el momento estático de la parte de la sección transversal por encima de las fibras en que se genera τ , b es el ancho de la sección a la altura de estas fibras; I es el momento de inercia.

Para una guadua el esfuerzo cortante se define como:

$$T_{máx} = \frac{4V}{3A} \frac{d_e^2 + d_e^2 d_i^2 + d_i^2}{d_e^2 - d_i^2} P$$

En donde $T_{máx}$ es el esfuerzo cortante, V es la fuerza cortante, A es el área d es el diámetro externo de la guadua y d_i el diámetro interno. El esfuerzo cortante máximo debe ser menor que el admisible (f_v).

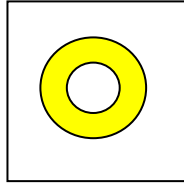
$$T_{máx} < f_v$$

En elementos apoyados en la parte inferior y cargados en su parte superior se verifica el cortante a "de" del borde (excepto en voladizos).

- Estabilidad.

Debe arriostrarse para evitar el pandeo lateral de las fibras en compresión.

- ❖ 1 guadua es estable naturalmente.



$$I = \frac{\pi d_e^4 - d_i^4}{64} \quad Z = \frac{\pi d_e^4 - d_i^4}{32 d_e}$$

- ❖ 2 o más guaduas son necesariamente inestables, requiere restricción en los apoyos.

3.3 UNIONES ESTRUCTURALES MÁS COMUNES CON BAMBÚ

El cálculo de elementos con guadua, al igual que con madera puede llevar a una situación muy peligrosa: que los elementos sean suficientemente fuertes para el trabajo deseado, pero que las uniones sean débiles. Todo el que ha trabajado con guadua sabe que las uniones requieren de mucho cuidado y son el eslabón más débil.

La madera cuenta con múltiples tecnologías para solucionar las uniones. Para la guadua existen soluciones tradicionales, pero la dificultad se manifiesta cuando se trata de hacer uniones que soporten esfuerzos a tracción.

Las cerchas que se han construido con guadua realmente no funcionan como tal, pues las uniones trabajan pobremente a tracción, generalmente son unos pocos clavos. Uno de los primeros en realizar un estudio académico de las cerchas de guadua fue el ingeniero holandés Dr. Jules Janssen quien en 1974 probó en la Universidad Tecnológica de Eindhoven (Países Bajos) más de 50 uniones diferentes con bambú filipino, con base en las cuales construyó 5 cerchas de 8 metros de luz, a las que sometió a esfuerzos. Las cargas eran análogas a las de una cubierta en asbesto, cemento o zinc.

Primero diseñó una cercha similar a la montante maestra y luego con base en los resultados planteó una similar a la Howe. Esta última resultó más resistente y rígida. Estas cerchas se probaron acostadas en el piso del laboratorio. Los diseños propuestos por Janssen son simples y satisfacen las necesidades de una comunidad que necesita una cubierta.

3.3.1 Uniones a Tracción.

En Colombia la historia de las uniones a tracción en guadua ha tenido otro enfoque, ante la necesidad de mejores uniones algunos constructores empezaron a rellenar el canuto con mortero, y así lograr que un tornillo no rasgara las paredes de la guadua, sino que parte de la fuerza se transfiriera al tabique o diafragma. Este invento se le adjudica al arquitecto Simón Vélez, el cual ha sido parte del secreto de sus grandes obras y sin embargo, él procura que en sus diseños la guadua trabaje principalmente a compresión y flexión y en algunas situaciones en que se enfrenta a la tracción se ayuda con el acero.

En 1996, Yenny Garzón, una estudiante de arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, estudió estas uniones en su tesis de grado titulada “Optimización de estructuras de guadua” (Universidad Nacional, 1996). Las uniones estudiadas consisten en una varilla roscada que atraviesa el canuto. A esta varilla se le dice el pasador. El canuto a su vez se llena con mortero de cemento.

La resistencia de esta unión es del orden de 3500kgf (35kN) por canuto relleno. Si se requiere una resistencia mayor se rellenan más canutos y se conectan entre sí por medio de pletinas de acero. En este texto la autora recomienda un factor de seguridad de tres.

Inspirados por este trabajo Cesar Peña y Hugo Rodríguez estudiantes de arquitectura de la misma universidad propusieron una unión diferente en su tesis de grado titulada “Propuesta de uniones mecánicas de guadua” (Universidad Nacional, 1997), pues les pareció que el peso del mortero era un gran defecto, aunado a esto el hecho de tener que esperar 28 días antes de que el mortero fraguara, y la necesidad de fundirse el mortero una vez que estuviese puesta la guadua. La propuesta de ellos consiste en una arandela de 5cm de diámetro que es atravesada por 8 puntillas y un pasador (varilla roscada) de $\frac{1}{2}$ ". Los resultados de esta investigación mostrarían que estas uniones soportan del orden de 40kN. Para tener mejores resistencias se pueden utilizar más pares de arandelas. Los autores recomiendan también un factor de seguridad de tres.

En 1998 dos estudiantes de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Sandra Clavijo Ortiz y David Trujillo Cheatle decidieron investigar en el tema de cerchas de guadua para su tesis de grado. Para ello, se necesitarían uniones confiables y muy resistentes. Las dos tesis, mencionadas con anterioridad, eran un punto de partida, pero se necesitaban uniones más resistentes.

Para una unión confiable se requería diseñar una transición efectiva entre el pasador y las paredes de la guadua, en la unión con mortero, esto se hace transfiriendo la carga del pasador al mortero y éste a su vez al tabique o diafragma, que se lo transmite a las paredes de la guadua.

Clavijo y Trujillo reorientaron su trabajo de grado y se centraron en lograr uniones efectivas a tracción. Lo primero que se debía comprender cabalmente, era cuanta carga soporta la pared de la guadua cuando una puntilla o un tornillo tratan de rasgarla, es decir, que está sometida a cizallamiento. Esta fue la primera fase del experimento.

Para esto se probaron 106 probetas de guadua en las que se variaban intencionalmente los espesores, los diámetros de los tornillos, la posición de los nudos respecto al tornillo y otras variables, para identificar la relación de la resistencia con éstas.

El siguiente paso consiste en diseñar un elemento que fuera una transición efectiva entre un pasador y la pared de la guadua. La primera fase de experimentación demostró que se deben usar varios elementos de $\frac{1}{4}$ " de diámetro. Sin embargo, se necesita una forma de lograr esta transición entre muchos elementos pequeños y un elemento grande: el pasador. El pasador a su vez le transmitiría la carga a otro elemento. En aras que el diseño fuera sencillo de construir y de tecnología conocida se llegó a dos propuestas: un elemento externo (una abrazadera) y un elemento interno (mortero).

Después de varias propuestas se llegó a las dos siguientes:

3.3.2 Unión con lámina de acero.

La 1ª utiliza un zuncho de acero, o abrazadera, que sirve como transición de esfuerzos entre una sucesión de tornillos fijados a la pared de la guadua y un elemento conector que permita la construcción de la unión. Se utilizan 12 tornillos de 6.35mm (1/4”), 1x0.04m de lámina calibre 22 y un pasador de 1.58 cm (5/8”). **Imagen 3.18 y 3.19**

Imagen 3.18

Esta unión cuando falla “ahorca” a la guadua e induce a que se raje. Luego de que la lámina haya “ahorcado” la guadua, y que la cabeza de los tornillos se entierre en la pared de la guadua, se produce la falla.

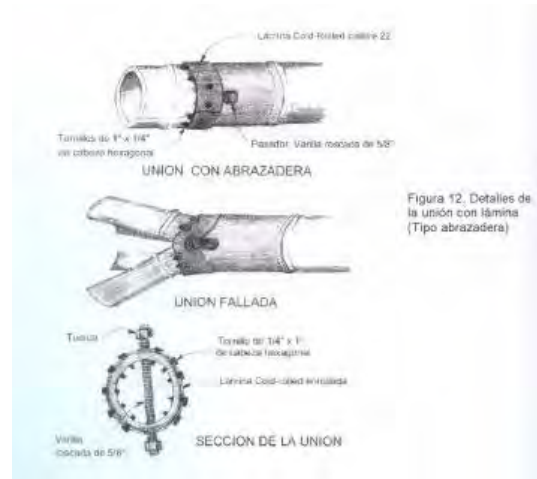


Figura 12. Detalles de la unión con lámina (Tipo abrazadera)

Imagen tomada de: *(Seminario - Taller Avances en la investigación sobre Guadua)*

Imagen 3.19

Su resistencia última promedio es de 9648 kgf. (96 kN). Su gran defecto radica en que sufre grandes deformaciones antes de fallar.



Imagen tomada de: *(RED MEXICANA DEL BMBÚ)*

3.3.3 Unión con mortero y varilla.

La segunda propuesta utiliza mortero, pero supera la unión estudiada por Yenny Garzón al transmitir las cargas del mortero a las paredes de la guadua por medio de una serie de varillas lisas de 6.35mm (1/4") de diámetro. Su gran defecto radica en que el mortero falla rápidamente, seguramente se puede mejorar esta unión mejorando la calidad del mortero. La resistencia última promedio de esta unión es de 5970 kgf. (60 kN).

Imagen 3.20 y 3.21

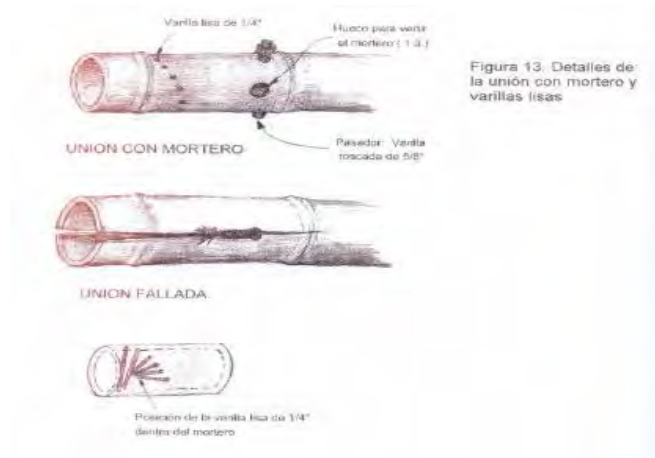


Imagen 3.20

Unión con mortero y falla de la Guadua

Imagen tomada de: *(Seminario - Taller Avances en la investigación sobre Guadua)*

Imagen 3.21

Empleo en un caso práctico de una unión con mortero



Imagen tomada de: *(RED MEXICANA DEL BMBÚ)*

De los resultados, y tras establecer una correlación múltiple se llegó a las siguientes ecuaciones:

$$P = -600 + 2400*De - 2500*Di: \text{ unión con mortero}$$

$$P = 5000 + 2200*De - 2400*Di: \text{ unión con lámina de acero}$$

Donde P es la resistencia en kilogramos fuerza de la unión, De es el diámetro externo de la guadua y Di es el diámetro interno, ambos en centímetros. De esta forma teniendo las dimensiones de una guadua se puede establecer cuanto puede soportar una unión. Esto sería una herramienta de diseño importante.

3.4 EL BAMBÚ COMO MATERIAL SUSTENTABLE PARA LA CONSTRUCCIÓN

Como se ha mencionado, el bambú por su extraordinaria versatilidad, se puede considerar un óptimo recurso para un desarrollo sostenible. Hace un siglo en Europa esta gramínea empezó a ser utilizada además por sus características paisajistas también por tener interesantes propiedades mecánicas y químicas.

Con el fin de fomentar su explotación y reducir la de la madera tradicional, cumplir así con los objetivos del protocolo de Kioto y al mismo tiempo garantizando la fundamental biodiversidad de las especie, a continuación se exponen algunas de sus extraordinarias propiedades.

3.4.1 Sustentabilidad.

La sustentabilidad ambiental se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. Uno de los principales retos que enfrenta México es incluir al medio ambiente como uno de los elementos de la competitividad y el desarrollo económico y social. Solo así se puede alcanzar un desarrollo sustentable.

Desafortunadamente, los esfuerzos de conservación de los recursos naturales y ecosistemas suelen verse obstaculizados por un círculo vicioso que incluye pobreza, agotamiento de los recursos naturales, deterioro ambiental y más pobreza.

Es momento de convertir la sustentabilidad ambiental en un eje transversal de las políticas públicas. México aún está a tiempo de poner en práctica las medidas necesarias para que todos los proyectos, particularmente los de infraestructura y los del sector productivo, sean compatibles con la protección del ambiente. Es necesario que el desarrollo de nuevas actividades económicas en regiones rurales y semi-rurales contribuya a que el ambiente se conserve en las mejores condiciones posibles. Todas las políticas que consideran la sustentabilidad ambiental en el crecimiento de la economía son centrales en el proceso que favorece el Desarrollo Humano Sustentable.

La sustentabilidad ambiental requiere de una estrecha coordinación de las políticas públicas en el mediano y largo plazo. Esta es una premisa fundamental para el Gobierno Federal y en este Plan Nacional de Desarrollo se traduce en esfuerzos significativos para mejorar la coordinación interinstitucional y la integración intersectorial. La sustentabilidad ambiental será un criterio rector en el fomento de las actividades productivas, por lo que, en la toma de decisiones sobre inversión, producción y políticas públicas, se incorporarán consideraciones de impacto y riesgo ambientales, así como de uso eficiente y racional de los recursos naturales. Asimismo, se promoverá una mayor participación de todos los órdenes de gobierno y de la sociedad en su conjunto en este esfuerzo. La consideración del tema ambiental será un eje de la política pública que esté presente en todas las actividades de gobierno.

El cuidado del ambiente es un tema que preocupa y ocupa a todos los países. Las consecuencias de modelos de desarrollo, pasados y actuales, que no han tomado en cuenta al medio ambiente, se manifiestan inequívocamente en problemas de orden mundial como el cambio climático. El Gobierno de la República ha optado por sumarse a los esfuerzos internacionales suscribiendo importantes acuerdos, entre los que destacan el Convenio sobre Diversidad Biológica; la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y su Protocolo de Kioto; el Convenio de Estocolmo, sobre contaminantes orgánicos persistentes; el Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono; la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación; la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres; y los Objetivos del Milenio de la Organización de las Naciones Unidas. Estos acuerdos tienen como propósito hacer de México un participante activo en el desarrollo sustentable.

El bambú es el mejor sustituto de la madera por ser resistente, duradero, ecológico y sostenible. Esta materia prima se emplea para pavimentos, paneles y mobiliario, de ahí que la denominen el "acero vegetal". Sus propiedades y un crecimiento cuatro veces más rápido que el de los árboles lo convierten en "la madera del futuro".

No obstante, las tendencias mandan y el bambú está de moda. Ordenadores con carcasas de bambú, alfombras, ropa, lámparas, mobiliario, menaje y todo tipo de objetos creados para proyectar una imagen "verde" y natural, invaden nuestras tiendas, pero ¿cuáles son las propiedades ecológicas de este material?

El bambú está considerado uno de los productos leñosos con más potencial de futuro gracias a su rápido crecimiento. Procede de una gramínea que crece en Asia y en América (principalmente en Centroamérica, Venezuela, Colombia y Ecuador). Permite obtener cosechas en un período de tiempo entre 5 y 6 años, mientras que otras especies maderables requieren hasta cuatro veces más. Además al ser una hierba no necesita replantación, ya que brota naturalmente cada año.

El rápido crecimiento de la planta es su gran baza frente a la madera, pues el rendimiento de un bosque de bambú puede ser 20 veces mayor que el de uno de árboles; esto no significa que la madera no sea igualmente una opción ecológica, ya que las explotaciones de madera controladas conllevan un aumento de las masas forestales, manteniéndolas sanas y en desarrollo. La plantación del bambú se presenta como una alternativa sostenible y ecológica, especialmente, frente a la madera tropical. En cuanto a sus aplicaciones, se puede emplear tanto en artesanía como en suelos, muebles, puertas, ventanas o pasta de papel.

En México, el deterioro ambiental y el abuso del acervo ecológico han llegado a niveles insostenibles. Esto amenaza el bienestar de la población y, además, es un obstáculo para aumentar el bienestar de los mexicanos.

Si no se frena el daño a los recursos naturales si no se hace un uso racional de la energía, el agua, el aire y el suelo será imposible alcanzar un crecimiento económico sostenible.

Sólo conciliando el progreso económico con la preservación de la naturaleza se podrá aspirar a un desarrollo humano sustentable en el que todos los mexicanos puedan progresar sin comprometer el patrimonio de las generaciones futuras. Ese es el principio que guía la política ambiental de esta administración.

Como parte de una estrategia integral de preservación y recuperación del medio ambiente, el Gobierno Federal ha emprendido una serie de acciones que tienen como propósito prevenir, controlar y en la medida de lo posible revertir la contaminación de los recursos naturales.

El agua es el recurso natural máspreciado, además de ser un factor indispensable para promover el desarrollo.

Para mejorar de manera sustancial el nivel de vida de las personas, en especial de los que menos tienen, se han iniciado acciones para incrementar la cobertura de agua potable y alcantarillado y para promover el uso sustentable del agua en cuencas y acuíferos. También se han realizado importantes obras para el saneamiento de este recurso vital.

Son muchos y graves los desafíos en materia ambiental, por lo que es urgente enfrentarlos con decisión y con la activa participación de todos los mexicanos. Con acciones encaminadas a cuidar nuestro medio ambiente se está sentando las bases para detener y comenzar a revertir el daño ambiental que se le ha infringido al entorno natural por décadas.

Los mexicanos tiene que construir un México que cuide su patrimonio cultural y que recupere de manera ordenada su enorme capital ecológico. Un México más verde y más limpio en el que los ríos, los mares, la tierra y el aire sean sustento de vida y desarrollo. En suma, tenemos que redoblar esfuerzos para que tengamos un México que dure para siempre.

3.4.2 El Bambú, material ecológico.

El material de construcción a escoger para el siglo XXI puede ser el bambú, por lo que hay que olvidar al acero y el concreto.

El bambú se ha transformado en los últimos tiempos en un sustituto ideal de la madera. Esto es debido a sus excelentes condiciones de conservación, a su óptima resistencia y lo más importante es que se trata de un material ecológico y sostenible.

Este miembro de la familia de los pastos de tallos huecos está emergiendo desde los reinos de las endebles chozas tropicales y llamando la atención de los más respetables arquitectos. Desde Hawái hasta Vietnam es usado para construir las más lujosas residencias y resorts pero también iglesias y puentes.

Sus patrocinadores llaman al bambú gigante el -acero vegetal- por su claro atractivo ambiental. Más liviano que el acero, pero cinco veces más fuerte que el concreto, y a diferencia del lento cultivo para conseguir madera, los tallos de bambú crecen rápidamente, absorbiendo además cuatro veces mayor cantidad de dióxido de carbono.

Además de sus magníficas cualidades, el bambú ha llegado primero para ese tipo de decoraciones estilo zen y también en las de estilo oriental.

En definitiva, el bambú está de moda.

Su utilización remite a todo lo natural, a lo verde. El hecho es que el bambú, aunque es originario de Asia, puede encontrarse en la actualidad en América y en algunas zonas de Europa, no necesita replantación, pues brota de forma natural. Es de rápido crecimiento y permite obtener cosechas en un período de 5 a 6 años.

Otras especies tardan entre 15, 20 hasta 30 años. Y esta diferencia es lo que hace que supere, por lo menos en algunos aspectos, a la madera.

Tanto arquitectos como decoradores tienen en cuenta al bambú como una alternativa ecológica, por no decir, "La Alternativa", ya que se puede utilizar en pisos, mobiliario, paneles, laminados y accesorios.

A diferencia del acero, producido apenas en un puñado de naciones, más de 1,100 especies de bambú –unas pocas docenas de ellas útiles para la construcción– proliferan en los trópicos.

Los tallos crecen casi en cualquier lado, reduciendo los impactos de las emisiones de dióxido de carbono, a la vez que absorben agua de forma tan eficiente como un cactus del desierto.

La abundancia del bambú es, irónicamente, un obstáculo para su aceptación. Su uso más visible es en la construcción de raquíticas casas, lo que alimenta el estereotipo de que sólo es madera para el hombre pobre, pero, en un área, en la que los recursos están mermados y se registra una creciente población, los beneficios sociales y ambientales son los mejores puntos de venta del bambú como material de construcción.

3.4.3 La madera más ecológica.

La utilización del bambú como materia prima de pavimentos, laminados, paneles, mobiliario y accesorios o como recurso para la edificación de viviendas, es un acierto en la actualidad, ya que el respeto al ambiente es prioritario. El reconocimiento generalizado de los arquitectos y diseñadores hacia el **bambú como una opción ecológica**, ha popularizado su empleo en infinidad de sectores relacionados con la decoración y el diseño, y ha llevado a muchas personas a considerarlo el sustituto de la madera, como demuestra la predilección del arquitecto colombiano Simón Vélez, una celebridad mundial gracias a **sus innovadoras construcciones de bambú**. Su última obra maestra es un modelo de tienda para la cadena francesa Carrefour. La construcción de 2.000 metros cuadrados tiene un techo de 16 metros elaborado en guadua (como llaman al bambú en su país). Si en lugar de ese vegetal, Vélez hubiese sido más clásico y hubiera utilizado acero, los costes de uso del aire acondicionado se triplicarían pues este material absorbe los rayos de sol.



Imagen 3.22

Tienda para la cadena francesa Carrefour, con más de 2000 m2

Imagen obtenida de: (<http://www.dbambu.net/noticias/modelo-de-tienda-para-la-cadena-francesa-carrefour-en-bambu>)

Simón Vélez, ha liderado casi solo la vanguardia del diseño con un material previamente asociado más con las esterillas tejidas y tuberías andinas. Hace dos décadas, Vélez hizo un simple descubrimiento: al usar pequeñas cantidades de pernos o tornillos en las juntas en

cambio de los métodos tradicionales de usar amarres o sogas– pudo por primera vez descubrir la verdadera fuerza natural y la flexibilidad del grueso bambú colombiano.

En Bali, el alemán Joerg Stamm usó la misma técnica, que conoció como aprendiz de Vélez, al construir un puente de 50 metros, lo suficientemente fuerte como para aguantar un camión.

En la Ciudad de México se inauguró la mayor estructura de bambú nunca antes construida: el Museo Nómada, una estructura temporal de tres naves de 5,130 metros cuadrados que ocupa casi la mitad de la Plaza del Zócalo, la más grande de América Latina. Desde Hawái hasta Vietnam es usado para construir las más lujosas residencias y resorts pero también iglesias y puentes.



Imagen 3.23

Museo temporal nómada de la ciudad de México, construida con Bambú

Imagen obtenida de: (<http://www.dbambu.net/noticias/modelo-de-tienda-para-la-cadena-francesa-carrefour-en-bambu>)

La casa Bambú-, situada en el nuevo Ensanche de Carabanchel (Madrid), un edificio diseñado por el estudio Foreign Office Architects, envuelto por una celosía de bambú que alberga 88 viviendas promovidas por la Empresa Municipal de la Vivienda. Esta arquitectura vanguardista ha ganado el premio del Royal Institute of British Architects en 2008 y representa a Madrid en la Exposición Universal de Shanghái 2010 , donde se ha construido una réplica de la misma a escala real.

Imagen 3.24

Casa del Bambú, situada en el nuevo Ensanche de Carabanchel (Madrid),



Imagen obtenida de: (http://www.geocaching.com/seek/cache_details.aspx?guid=519bda2e-c985-431f-a6cf-9694f2f9bfde)

El edificio de viviendas Bambú, promovido por la Empresa Municipal de Vivienda y Suelo, en Carabanchel, ha recibido uno de los premios a la excelencia en arquitectura que concede cada año el Royal Institute of British Architects (RIBA). El jurado ha valorado el edificio, diseñado por el arquitecto Alejandro Zaera, por *“la fuerza de sus conceptos y la crudeza de su ejecución”*.

Imagen 3.25

Otra gran obra de la arquitectura donde se ha utilizado como material principal el bambú ha sido en la cubierta de la Terminal 4 del aeropuerto de Barajas de Madrid, España.

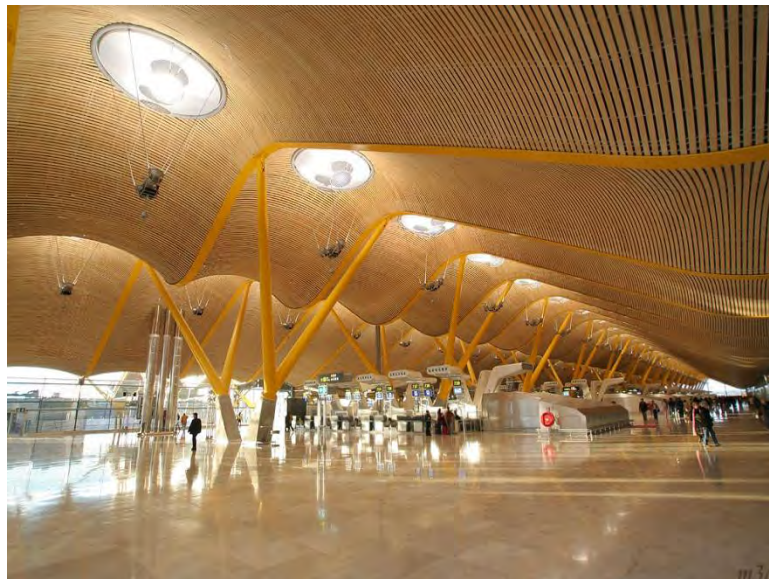


Imagen obtenida de: (http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Barajas_T4)

3.4.4 Ventajas y desventajas en el uso del bambú.

Ventajas

El bambú tiene buenas cualidades físicas para ser considerado un material de construcción, las cuales se describen a continuación:

- ◆ Es un material liviano que permite bajarle el peso a la construcción, el cual es un factor muy importante para construcciones resistentes a los sismos.
- ◆ Especialmente sus fibras exteriores la hacen muy resistente a fuerzas axiales.
- ◆ La relación entre peso - carga máxima y su forma tubular apto para fuerzas axiales, lo convierten en un material perfecto para estructuras espaciales en donde trabajan solamente dichas fuerzas.
- ◆ El rápido crecimiento del bambú lo hace económicamente muy competitivo.
- ◆ En el contexto ecológico el uso del bambú juega un papel muy importante.
- ◆ El bambú es un recurso renovable y sostenible.
- ◆ Su rápido crecimiento y la alta densidad de culmos por área significan una productividad muy importante de la tierra y una biomasa considerable.
- ◆ El bambú se utiliza como planta de reforestación.
- ◆ Si el bambú lograra reemplazar la madera o el acero en algunas construcciones, la tala de la selva tropical disminuiría, debido al cambio en la demanda de recursos
- ◆ La manipulación del bambú desde el lugar donde crece (guadual) hasta la obra necesita poca energía; la diferencia de la cantidad de energía y gastos necesarios en su proceso es muy grande con respecto al acero u otros materiales en obras parecidas. (B8)

Desventajas

- ◆ La resistencia a fuerzas perpendiculares a las fibras (cortante) es muy baja lo que significa que el bambú tiene tendencia de rajarse fácilmente paralelo a las fibras.

Una construcción de bambú necesita una protección por diseño que asegure que el bambú no recibe directamente ni humedad, ni rayones directos del sol. El bambú es un material combustible y como es vacío se quema rápido.

- ◆ No se cuenta con una técnica confiable de inmunización contra hongos.

El bambú es un recurso natural que no se puede estandarizar

- ◆ El comportamiento del bambú puede variar mucho con respecto a la especie, al sitio donde crece, a la edad, al contenido de humedad y a la parte del culmo o de la sección que uno esté utilizando.
- ◆ Aún no existe ningún código oficial que ofrezca una norma de clasificación para el uso estructural del bambú.
- ◆ Se necesita un buen mantenimiento para la durabilidad.

CAPÍTULO 4. CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ EN MÉXICO

4.1 ANTECEDENTES EN MÉXICO

El uso del bambú en México tiene antecedentes prehispánicos: los totonacas en Veracruz, los huastecos en Hidalgo y Tamaulipas, los aztecas y teotihuacanos en el centro de México, los maya-chontales en Tabasco, han construido casas de bambú y lo siguen haciendo hoy en día *(Cortes, s/f en bambumex.org)*.

Por otra parte, la Arquitectura del Bambú en América se remonta a milenios, por su abundancia y por la facilidad de cortado, el construir viviendas con él, y las condiciones de frescura que este material proporciona en los climas cálidos y húmedos, hizo que en estos lugares se prefiriera sobre la madera. Con la llegada de los españoles, se sumaron nuevas técnicas de construcción a los sistemas americanos, como la quincha, el bahareque, el ladrillo cocido, la teja, junto con la tierra cruda en forma de adobe o tapia, se adaptaron a la piedra y canchagua dando lugar a la arquitectura colonial que dejó huellas en todos los países americanos. *(Morán, s/f en bambumex.org)*

Desde entonces ha sido utilizado en la construcción de viviendas especialmente en los climas cálidos-húmedos de los estados de Veracruz, Chiapas y Oaxaca, sin embargo, su utilización hoy en día se limita cada vez más a solo la construcción de cocinas o en el mejor de los casos, a la parte estructural de las cubiertas de tales viviendas, elementos que se terminan de cubrir con la palma que es conocida como guano. En la Chinantla oaxaqueña también es utilizada en algunos espacios arquitectónicos como son las cocinas, por las altas temperaturas que ahí se producen.

Los efectos dañinos del calentamiento global, y la necesidad de reforestar millones de hectáreas son bien conocidos, así como evitar que se sigan desforestando aquellas selvas que aún existen, el efecto negativo que normalmente se lleva a cabo en los países de menor desarrollo industrial, los obliga a voltear a ver un material que sustituya la gran utilización de madera que existe hoy en día, y todo indica que puede ser el bambú por las características ampliamente descritas en los párrafos anteriores.

Siempre se lleva a cabo una búsqueda de materiales que requieran un bajo consumo de energía en su creación, aparece el bambú un material que en el país existe con diferentes especies endémicas y especies introducidas adecuadas para la construcción. Su bajo costo de producción y relativamente corto período de crecimiento.

En Veracruz; Bambover en Huatusco, ha sido el promotor del cultivo del bambú en México, introduciendo cada vez más especies y manteniendo en su zona de producción, un espacio de experimentación de varias universidades mexicanas e incluso es reconocido por el CONACyT.

Ahí se fundó el Centro de Desarrollo Tecnológico del Bambú de Veracruz (el 4o en el mundo después de China, India y Cuba), con el respaldo de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

En México existen 8 géneros y 36 especies nativas (que son aquellas que crecen de manera silvestre) de bambúes leñosos, de las cuales 30 son endémicas (es decir, aquellas especies que crecen únicamente dentro del territorio nacional). También se han introducido cerca de 30 especies, principalmente de California y de Colombia (Cortes, 2007: 1).

Un análisis por estado de especies de bambúes nativos, señala a Chiapas como el estado de mayor importancia, aunque es Oaxaca el estado con el mayor número de especies endémicas y escasas poblaciones.

En Veracruz se han realizado numerosos trabajos de campo, sobresaliendo la zona montañosa de los alrededores de Orizaba y Xalapa (Cortes, 2007: 1). Es precisamente aquí donde más se ha avanzado en el cultivo de bambú que es el más adecuado para la construcción: la guadua.

La guadua es un bambú, que puede alcanzar alturas hasta de 25 metros, con diámetros entre 10 y 20 centímetros. Sus entrenudos tienen paredes hasta de 2 centímetros de espesor. El nombre genérico "guadua" derivó del nombre vernáculo o común dado por las comunidades indígenas de Colombia y Ecuador (Rubio, 2007: 17,18).

Las cinco especies del género *Guadua* que habitan en México, son las más grandes y frondosas de los bambúes mexicanos. Estas son la *G. aculeta*, la *G. amplexifolia*, la *G. longifolia*, la *G. paniculata* y la *G. velutina* con las cuales pueden utilizarse en la industria de la construcción.

En particular, la *Guadua aculeata* llega a medir 25 m de alto y sus tallos tienen un diámetro de 25 cm en la base; ha sido utilizada tradicionalmente en la construcción de viviendas rurales, principalmente en el norte del estado de Veracruz y Puebla.

4.2 PRINCIPALES ESPECIES PARA LA CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO

En México las perspectivas que se tienen de este material no son muy amplias, pero el análisis que se tiene abarca todas las posibilidades de aplicación, ya que se restringe principalmente al uso de este material en la construcción.

Se ha realizado una investigación sobre el uso del bambú en el mundo y en México; se han encontrado cosas muy interesantes que permiten ver su potencial del mismo en diferentes aplicaciones. Se incrementa el interés sobre esta especie cuando se sabe que su crecimiento es sorprendentemente rápido y que pueden obtenerse cosechas del producto en lapsos de 5 a 6 años, a diferencia de la mayoría de especies maderables que requieren de un tiempo cuatro veces mayor para alcanzar su madurez. En cuanto a sus propiedades mecánicas presenta una gran ventaja sobre algunas maderas que se utilizan regularmente en la construcción.

A continuación se describe de manera más extensa, las principales especies de bambú adecuado para la construcción que existen en México:

- ***Guadua angustifolia.***

Fue descubierta por el botánico alemán Karl Sigmond Kunth en 1822, quien utilizó el vocablo indígena “guadua” como lo llamaban las comunidades nativas de Colombia y Ecuador y designa a esta *Guadua angustifolia* como la especie tipo (Villegas, 2003: 26).

Se caracteriza por una banda blanca bien marcada sobre y en ambos lados de los nudos. Hojas caulinares tempranamente caedizas, espinas presentes.

Es la especie nativa de América más ampliamente utilizada en Colombia, Ecuador y, otros países de Centro y Sudamérica. Fue introducida en México en 1995, procedente de viveros de Colombia. Varios registros de floraciones esporádicas están documentados, las cuales indican que es probable que el ciclo de florecimiento de esta especie sea de 32 a 35 años.

Se reconoce una variedad de *G. angustifolia* llamada - bicolor – por la presencia de líneas amarillas que contrastan con el verde de los entrenudos.

Se encuentra disponible en el centro de distribución Bambuver en Huatusco, Veracruz, además del estado de Jalisco y Chiapas, en este último producido por la empresa Agromond, S.A., que tiene su sede en Villahermosa, Tabasco. **Imagen 4.1**

Imagen 4.1

Guadua angustifolia Kunth, especie de Latino América que se está convirtiendo en uno de los materiales de construcción más importantes a nivel mundial.



Imagen Obtenida de: (<http://www.bambooinvitro.com/plantas-de-bambu-costa-rica/guadua-angustifolia>)

- ***Guadua aculeata*.**

Se caracteriza porque el diámetro de sus entrenudos basales que son de 25 cm. La presencia de espinas en todas las ramas. El principal nombre común con que se conoce esta especie es tarro, aunque recibe otros nombres. Es el más frondoso de los bambúes nativos de México, sus fuertes rizomas producen culmos robustos con entrenudos relativamente cortos en la base. Es y ha sido una de las especies más utilizadas en México en construcción de viviendas y otros enseres domésticos, los ganaderos y agricultores de la región Huasteca de México lo han dejado en sus parcelas como sombra para el ganado. Por sus fuertes espinas presentes en todos los nudos ha sido usado como cerca viva. **Imagen 4.2**

Imagen 4.2

Guadua aculeata.

Utilizan la madera para vigas, alfardas, techo, cercas para casas, cercas vivas y para leña. También para puertas, ventanas, sillas y camas.



Imagen Obtenida de: (<http://www.verarboles.com/Tarro%20Amarillo/tarroamarillo.html>)

- ***Guadua paniculata.***

Se caracteriza por tener espinas en los nudos. Las láminas de las hojas caulinares prontamente caedizas.

Sus culmos secos han sido utilizados en construcción, tanto en México como en otros países. Sus rizomas paquimorfos con producción de culmos separados es determinante en el hábito de la planta, pues no se aprecia como una planta amacollada como otras Guaduas. Su nombre común es otate en Oaxaca. **Imagen 4.3**

Imagen 4.3

La cooperativa Tosepan Titataniske se integra por 17,000 socias y socios indígenas nahuas y totonacos con intereses comunes.

Pequeños productores de café orgánico, pimienta, críticos, macadamia y miel virgen, así como jornaleros, amas de casa, artesanos y albañiles.

Son 60 comunidades de los municipios de Cuetzalan, Jonotla, Hueyitamalco, Tlatlauquitepec, Tuzamapan y Zoquiapan en la Sierra Nororiental de Puebla. Son productores de bambú, cuentan con un centro de acopio y con un estupendo hotel de bambú. Fotografía del hotel en Cuaetzalan, Puebla.



Imagen Obtenida de:

(http://www.usjt.br/arq.urb/numero_06/arqurb6_06_ponto_de_vista_03_alberto_cedeno.pdf)

- ***Guadua amplexifolia.***

También es conocido como otate. Se caracteriza por su alto porte y tallos gruesos. Este bambú es espinoso, excepcionalmente no presenta espinas, se forma por grandes grupos de tallos, los tallos son sólidos. Los tallos presentan grandes vainas de color pardo que envuelven al tallo, las vainas alcanzan hasta 25 cm de largo y 20 cm de ancho, cubiertas de pelo fino y rígido.

La madera se utiliza para vigas, alfardas, techos, cercas para casas, cercas vivas y para leña. Se encuentra en el sur de México, en todo Centro América, en el oriente de Colombia y en Venezuela. En México se registra en los estados de Sinaloa, Tamaulipas, Hidalgo, San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz, Morelos, Oaxaca, Tabasco y Chiapas **Imagen 4.4**

Imagen 4.4

***Guadua amplexifolia.* Veracruz, México**



- ***Otatea acuminata.***

Este bambú originario de México, se presenta en dos subespecies: acuminata y aztecorum. En realidad se trata de una especie pequeña que se ha utilizado frecuentemente en la elaboración del bahareque. Sus culmos son oscuros por estar completamente cubiertos de hojas. Estos culmos se encuentran separados entre 30 y 60cm. **Imagen 4.5**

Imagen 4.5

Casa de Bahareque: que es una técnica que ha sido utilizada desde épocas remotas para la construcción de viviendas en pueblos indígenas de América.



Imagen Obtenida de: (<http://www.flickr.com/photos/fotocheska/2641190468/>)

Existen otras especies para la construcción, en el Estado de Veracruz, Bambuver llama la atención sobre aquellas que considera las mejores desde el punto de vista estructural: *Bambusa oldhamii*, *Bambusa vulgaris vulgaris*, *Bambusa vulgaris striatta*, *Bambusa aculeata* (Álvarez, 2008).

La *B. oldhamii* es probablemente del sur de China que no crece libre por cualquier parte, solo se encuentra bajo cultivo. Puede alcanzar dimensiones de 17 m de altura y 13 cm. de diámetro cuando madura. Los culmos tienen un color verde profundo y soporta temperaturas bajas. Imagen 4.6

Imagen 4.6

Bambú Oldhamii produce los tallos de mayor diámetro de cualquier bambú crece en el área del norte de México y Houston. Es un, bambú vertical erguido con una pequeña "huella".



Imagen Obtenida de:

(<http://www.caldwellhort.com/html/bamboo/Bambusa-oldhamii.html>)

La *B. vulgaris*

Tiene culmos amarillos muy atractivos que son buenos para construcciones temporales. Tiene poca tolerancia a la luz. En Cuba declaran a la *Bambusa vulgaris* (a la que llaman Caña Brava y que fue la primera especie introducida en el país en la segunda mitad del siglo XIX), como muy adecuada para la elaboración de paneles y usos estructurales para la construcción. Se recomienda el acetato de polivinilo (PVC) como adhesivo (Martirena y otros, 2008). **Imagen 4.7**

Imagen 4.7

Bambú Vulgaris, de la Familia: Poaceae-Grass



Imagen obtenida de: (http://ntbg.org/plants/plant_details.php?plantid=11810)

Usar el bambú para construir viviendas en México no es ninguna novedad, es una costumbre utilizada por numerosos pueblos, mucho antes de la conquista como ya se ha mencionado. Muchas personas piensan que las familias de estos pueblos habitaban en los edificios de piedra (mal llamados pirámides) que forman parte de las zonas arqueológicas. Pero no, todos estos pueblos vivieron en casas de Bambú que en algunos lugares son llamadas hoy en día como Palapas. **Imagen 4.8**

Imagen 4.8

Palapa, Puerto Vallarta México.

Otatea tiene dos especies, y es el



bambú leñoso y nativo de México más abundante en cuanto a sus poblaciones; ocupa grandes superficies en donde muchas veces es la única planta que crece. *Otatea acuminata* es la especie más utilizada por las poblaciones rurales de México, pues con sus tallos se construye el bahareque (mezcla de tallos de esta especie con lodo y zacate) que sirve como paredes de viviendas tradicionales principalmente en los estados de Jalisco y Veracruz. Santa María Tatetla y Jalcomulco son dos pueblos veracruzanos donde aún se acostumbra la construcción con bambú, y se pueden notar casas con un acabado estructural impecable. (Cortés, 2007: 3,4). **Imagen 4.9**

Con numerosos culmos unidos de *Guadua amplexifolia* se obtienen también paredes fuertes y resistentes, se ha empleado en los estados de Tabasco y Campeche.

Las plantas de esta especie llamada otate, parece tener siempre culmos disponibles para ser utilizados por el hombre en la construcción de su vivienda.

También algunas regiones de Colima y Morelos, todavía se pueden notar pueblos enteros utilizando Bambú para construir sus hogares bajo el sistema de Bahareque.

Imagen 4.9

Construcción de muro de bahareque, Tepoztlan, Morelos, Mexico.

La técnica del bahareque, que en algunos países de Latinoamérica se denomina quincha (en inglés Wattle and daub) consiste en elementos verticales y horizontales y formando una malla doble que crea un espacio interior posteriormente rellenado con barro.



Imagen obtenida de: (Viviendas de Bambú en México, Gilberto R. Cortés Rodríguez, Bambúes de México www.bambumex.org bambumex@hotmail.com Biobambú Revista Electrónica)

Centrándose en una revisión de la información disponible acerca del bambú como material para la construcción se le observan cualidades muy interesantes, principalmente sus propiedades mecánicas, las que superan a varios de los materiales comunes de la construcción. En la siguiente tabla se hace una comparación del bambú contra los materiales más utilizados en la actualidad. (Tabla 4.1)

Tabla 4.1 Propiedades de diseño de diferentes materiales estructurales y del bambú

MATERIAL	RESISTENCIA DE DISEÑO (R) (Kg/cm ²)	MASA POR VOLUMEN (M) (Kg/m ³)	RELACIÓN DE RESISTENCIA (R/M)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (E) (Kg/cm ²)	RELACIÓN DE RIGIDEZ (E/M)
CONCRETO	82	2400	0.032	127 400	53
ACERO	1630	7800	0.209	2 140 000	274
MADERA	76	600	0.127	112 000	187
BAMBÚ	102	600	0.17	203 900	340

Tomado de: (<http://www.ingersoll-rand.com/compare/ap-may97/bamb-4.htm>)

En esta información presentada por el Profesor Janssen (1980) se muestran valores de diseño de los materiales estructurales más comunes comparados con el bambú; aunque no especifica bajo qué tipo de requerimientos se determinaron los valores reportados, es evidente que los valores para concreto corresponden al material sin refuerzo.

4.3 INDUSTRIALIZACIÓN Y USOS CONSTRUCTIVOS CON BAMBÚ MÁS UTILIZADOS EN MÉXICO

En países europeos como España, los suelos más comunes son los pavimentos cerámicos como el gres y la terracotta, cuya fabricación requiere un gran gasto energético. El corcho es un material natural que se extrae del alcornoque (un árbol mediterráneo) y se utiliza como pavimento en forma de losas de diseños y colores variados, o bien troceado y mezclado con cal (surolita) de modo que permite crear un pavimento continuo a pie de obra y con propiedades aislantes térmicas y acústicas.

Por influencia de los países del norte de Europa, la madera como pavimento ha tenido mucha aceptación en nuestro país como material noble. (*Mestres y Sensat, PERSPECTIVA AMBIENTAL, Viviendas Ecológicas*)

Así como en estos pises, en México se tendría que hacer un estudio completo y enfocado principalmente a las áreas donde se puede utilizar con mayor frecuencia el bambú, y que en nuestro país son zonas de un clima tropical en su mayoría.

Con bambú también se suelen elaborar muebles y complementos, y en México existen ya poblaciones que se dedican al cultivo, industrialización y venta de productos con este material teniendo generando una vida económica a partir de ello.

Existe una amplia gama de construcción de bambú en varios estados de la república Mexicana y uno de los más importantes es Veracruz en este estado se encuentra el Pueblo de Monte Blanco, que está situado en el Municipio de Teocelo a 980 metros de altitud. Tiene 1720 habitantes, de los cuales en mediana forma son indígenas. La población se dedica a la agricultura y a la ganadería además de tener un importante enfoque en la preservación y explotación del bambú.

Cortinas, sillas y crucifijos, juegos de comedor, camas, libreros y estantes, son solo algunos de los muchos muebles que los artesanos construyen bambú, son reunidos principalmente en grupos familiares en torno a un taller de construcción. **Imagen 4.10**



Imagen 4.10

Poblador de Monte Blanco realizando un proceso para la elaboración de un mueble con el bambú Veracruzano.

Imagen obtenida de: *(Bio Bmbú revista electrónica)*

Se considera que son cerca de 40 años el tiempo que tiene este pueblo de trabajar con bambú. Los primeros muebles fueron grandes y rústicos; estaban contruidos con caña vaquera, el nombre común de la única especie del género Guadua sin espinas en toda América.

Erróneamente identificada como *Guadua velutina*, ahora se reconoce a la caña vaquera como una verdadera variedad de *Guadua. amplexifolia*, pero de un clon inerme.

Al pasar de los años, llegaron a Monte Blanco las primeras plantas procedentes de Metlapoxteca, cerca de Huatusco de otro bambú, la gente del pueblo le llamó simplemente bambú para diferenciarlos de la caña vaquera y del oate, el nuevo bambú creció bien en los suelos y el clima del poblado, los tallos crecieron rectos, fuertes y uniformes, y con esto la calidad de los muebles mejoró, las ventas aumentaron y el nuevo bambú se desarrolló.

El nuevo bambú probablemente se originó en Estados Unidos, lo cual se comprobó cuando en 1999 un especialista en bambú de ese país lo identificó como *Phyllostachys bambusoidesuno*, de los bambúes más utilizado en China y conocido en Japón comomadake. *P. bambusoides* floreció masivamente en Estados Unidos en los 70s, donde muchas plantas murieron después del florecimiento. **Imagen 4.11**



Imagen 4.11

***Phyllostachys bambusoidesuno*, conocido como Bambú gigante.**

Imagen obtenida de: (<http://fichas.infojardin.com/arbustos/phyllostachys-bambusoides-bambu-gigante.htm>)

El chiquion o chiquian (*Rhipidocladum racemiflorum*) es otro bambú usado en Monte Blanco, a diferencia de *P. bambusoides*, este *Rhipidocladum* es delgado y sus tallos principales llegan a medir 6 a 7 m, crece naturalmente en las barrancas aledañas a Monte

Blanco, y a veces tienen que conseguirlo desde otras regiones cercanas, su utilidad es complementaria al *Phyllostachys*, es usado tanto en el relleno del cuadro del respaldo de sillas y sillones, como en la pantalla de una lámpara entre otros usos. *Bambusa oldhamii* también se usa, aunque en menor escala. Hoy en día los artesanos de Monte Blanco pueden fabricar muebles con solo ver una fotografía, la habilidad para doblar las varas de bambú con el soplete les ha dado a los muebles un acabado de excelente calidad. (Pablo Hernández y Gilberto Cortés)

4.3.1 Proyectos en México

De acuerdo con la investigación que se realizó para este trabajo, existen especialistas en el tema que son vitales para la difusión y transformación de esta materia prima y así convertirla en un bienestar socio-económico para la población además de contribuir en el ámbito ecológico que es el tema principal de esta tesis. Se obtuvo la información de personajes como *Karla Colmena* que también forma parte en programas biotecnológicos en el municipio de Xalapa y en Coatzacoalcos [karlacolmena@gmail.com]; Pablo Hernández Cid <bambusal2002@yahoo.com.mx>, que pertenece a una familia de muebleros de bambú en el pueblo de Monte Blanco, tiene viveros de especies variadas de bambú en Llano Grande, cerca de Monte Blanco en el municipio de Teocelo, cerca de Coatepec.

Ahora está haciendo casas y otras construcciones en esa área de Veracruz.

El Arq. Ricardo Leyva quien se dedica a la arquitectura del Bambú, además de impartir cursos en la Ciudad de Puebla y pertenecer a Ojtat: (www.ojtat.org).

Ojotat, es una propuesta de arquitectura que incorpora tecnologías, materiales y estrategias de diseño encaminadas a lograr un hábitat sustentable y de armonía con la naturaleza, promoviendo esquemas de edificación que contribuyan a disminuir el deterioro ecológico y el cambio climático. Esta organización está enfocada a la planeación y ejecución de proyectos que impulsen el desarrollo local especialmente de grupos marginados en zonas rurales o urbanas.

Fue fundado en 2005 el cual reúne una serie de iniciativas dirigidas a consolidar una vida sustentable dentro de un marco de cambio climático y crisis social.

El Arquitecto Ricardo Leyva realizó su tesis trabajando en el pueblo de Cuetzalan, Puebla donde hay una cooperativa denominada Sociedad Cooperativa Agropecuaria Regional Tosepan Titataniskequienes hoy en día siguen el ejemplo de su colaboración con el Arq.

Ricardo y hacen mucha arquitectura y construcciones sustentables en los alrededores de Cuetzalan. Mantienen un hotel hecho de bambú nativo [*Guadua aculeata*] de la región, y tienen un taller y almacén, venden muchos tallos bien cosechados y tratados con sales bóricas y/o Acido bórico y bórax. (Clinton D. McDowell C.) Imagen 4.12



Imagen 4.12 Obra: Tosepan Kali / Ubicación: Cuetzalan, Puebla / Año: 2003

Imagen obtenida de: (<http://www.ojtat.org/quienes-somos>)

La cooperativa Tosepan también plantan y cultivan *Guadua angustifolia* y otras especies, Madake (*Ph. bambusoides*), *Rhipidocladum* (chiquian), *Bambusa oldhamii* entre otras especies.

Áreas cerca y no tan distantes de Cuetzalan como Zapoteppec, Ayotoxco y Hueytamalco tiene planes de uso para el bambú regional endémico el *Guadua aculeata* y *Guadua angustifolia*. Hay un gran centro de actividades ubicado en Hueytamalco, Puebla.



Imagen 4.13 Obra: Poza de las Golondrinas / Ubicación: Cuetzalan, Puebla / Año: 2004

Imagen obtenida de (<http://www.ojtat.org/quienes-somos>)

El *Arq. Armando Rodríguez López* está también en Puebla, Puebla (*bambupue@yahoo.com*), es director y creador de BAMBUPE A.C.

BAMBUPE A.C. y la Universidad Politécnica de Amozoc Puebla desarrollaron un prototipo de “vivienda popular rural”.

Con base en las normas vigentes de:

- La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
- La Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI)
- El Instituto Nacional del Fondo de Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) Y el Fideicomiso Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO)

El arquitecto Armando Rodríguez López director de BAMBUPE A.C. y la actual rectora de la Universidad Politécnica de Amozoc Puebla *Lic. Ingrid Ploennig Pacheco* participaron en el Proyecto y Ejecución del prototipo: “**Vivienda Popular Rural**”, el cual consiste en un proyecto de casa con una superficie útil de 39 m² hecha a partir de bambú, madera y bambucreto realizada en la comunidad de Tlalpopoca, Ejido de Chignautla, Puebla. **Imagen 4.14**

De acuerdo a este proyecto se obtuvieron resultados favorables y dando pauta a que en México se pueda realizar con más insistencia el uso de materiales renovables en este caso el bambú.



Imagen 4.14 Vivienda construida a partir de bambú, madera y bambucreto realizada en la comunidad de Tlacotalpa, Ejido de Chignautla, Puebla.

Imagen obtenida de: (<http://estoes.sabersinfin.com/?p=953>)

El proyecto tuvo los siguientes logros:

1.- Un bajo costo sin precedentes el cual se consiguió al sustituir el acero por bambú en la estructura de una casa y las varillas por tiras de bambú con el sistema “bahareque” en la elaboración de muros y losas lo cual representa un ahorro de casi el cincuenta por ciento en la construcción de la vivienda.

Al ser elevada sobre pilotes de bambú se ahorra en la nivelación del terreno, excavación para cimientos, cimentación de piedra, cadena de liga, impermeabilización de dalas, castillos y demás elementos constructivos y por consiguiente los materiales y mano de obra de estos conceptos.

Por otra parte, al basar el prototipo en la autoconstrucción el costo de la mano de obra repercute significativamente en el valor final de la vivienda.

2.- Factibilidad de autoconstrucción

Con una mínima capacitación impartida durante la elaboración de su propia vivienda, cada habitante, aún sin educación básica, quedará capacitado en esta rama.

3.- Calidad de obra y resistencia

Se ha comprobado que debido a su estructura monolítica y a la alta resistencia y flexibilidad del bambú esta casa soporta ciclones y temblores de alta intensidad y dependiendo la altura soportará inundaciones por días sin daño alguno.

La calidad lograda corresponde a una vivienda normal de nivel medio alto con la ventaja de no sufrir cuarteaduras ni humedades.

La casa queda herméticamente cerrada debido a que tanto muros como techo están perfectamente unidos.

4.- Corto tiempo de ejecución

La construcción de esta casa consistió en un curso de capacitación con duración de treinta días y ésta se terminó en un mes.

5.-Largo tiempo de vida

En terrenos pantanosos, barriales o susceptibles de inundaciones, este modelo elevado protegerá la casa del agua o humedades ya que la corteza de los pilotes de bambú es impermeable y no absorbe ni capilariza el agua hacia el piso o los muros.

Perfectamente inmunizado el bambú, protegidos los culmo-pilotes en la base y bien colocados los paneles y la teja madera o la palma, con un mantenimiento anual la vivienda podrá ser útil al menos para dos generaciones.

6.- Contribución ecológica

Se proyectó, diseñó y construyó un prototipo de casa basada en algunas normas ecológicas esenciales:

A.- Utilizar materiales orgánicos, biodegradables, autosostenibles y de larga duración.

Se emplearon estructuralmente culmos de bambú tanto para sostener la losa elevada del piso como para muros y techo, para el armado de las losas y muros en el sistema bahareque en cementado se utilizaron tiras de culmos de bambú, para cubrir el techo se emplearon paneles de concreto y tejamadera.

B.-No destruir la biomasa del suelo con la capa de concreto o preservarla al máximo.

Con una obra elevada, se conserva la biomasa y la permeabilidad del suelo permitiendo la filtración de las aguas pluviales a los mantos freáticos.

C.-Evitar el acero

En lugar de varillas, alambrón y alambre se utilizaron tiras de bambú

7.-Usar energía fotovoltaica para electricidad

Se utilizaron celdas fotovoltaicas

8.-Usar fosa séptica

Se construyó fosa séptica con todos sus elementos.

9.-Aprovechar el agua de la lluvia

El techo fue a dos aguas con canalones de bambú y tanque de almacenamiento.

Es prioridad en este proyecto disminuir la “huella ecológica” en un 50% que deja la obra civil tradicional con el concreto armado.

Los materiales empleados son biodegradables en un 90% y se integrarán a la naturaleza al terminar su función.

Al finalizar la obra el entorno queda sin afectaciones ni escombros. A mayor demanda de bambú para la construcción de vivienda, mayor el incentivo para su siembra y cosecha.

Menor contaminación en la producción del acero, mayor secuestro de bióxido de carbono con plantaciones permanentes de bambú.

Cuando se cortan los culmos de bambú se está podando el bambusal y motivando nuevos retoños pero cuando se corta el tronco de un árbol se acaba con él.

La generación de bióxido de carbono en un metro cuadrado, con la elaboración de los materiales de la construcción actual es de 7 Mj., esto es 520 Kg. de CO₂/m².

En la casa de bambú se logra reducir, sustituyendo el acero, a 3 Mj., o 223 Kg. de CO₂/m².

El bambú es una planta gramínea que en cinco años con su rápida reproducción, crecimiento y follaje genera más oxígeno que cualquier árbol.

En Sinaloa también se empieza a contribuir con proyectos relacionados con la materia. Es difícil imaginar que el bambú pueda contribuir a que Sinaloa sea un importante exportador de alimentos procesados, sobre todo porque esta planta ha sido considerada como elemento decorativo en jardines y no como un alimento comestible.

El Centro de Investigación y Desarrollo del Bambú de la República Popular China quiere que Sinaloa se convierta en un centro de industrialización y exportación de los productos derivados de dicha planta, pues la entidad cuenta con ventajas climáticas y con cercanía a los mercados de Estados Unidos, ya que en dicho país viven gran cantidad de chinos que demandan productos de bambú.

"A las empresas chinas les cuesta más producir en su país y desde ahí exportar a Estados Unidos, pues los costos de transporte son mucho más altos, por lo que Sinaloa puede convertirse en el receptor del bambú y procesarlo aquí, para finalmente llevarlo al mercado americano, además de que puede ser una opción de cultivo para los productores sinaloenses en el mediano plazo", expresó Javier Pineda Mendi, Director de **CODESIN** zona centro.

CODESIN es Consejo consultivo en donde trabajan empresarios y Gobierno para generar proyectos, estrategias y políticas públicas que ayuden a construir regiones más competitivas e innovadoras que faciliten la atracción y retención de inversiones, contribuyendo así al desarrollo económico de Sinaloa.

Se crea por decreto en 1996 y se soporta en la Ley de Fomento a la Inversión para el Desarrollo Económico del Estado de Sinaloa, publicada en 1997.

Wang Shudong y Ding Xingcui, representantes del organismo chino, se reunieron con productores sinaloenses, encabezados por el agricultor José Óscar Padilla Valencia, para discutir las posibilidades de producción, comercialización y manufactura en Sinaloa.

La demanda mundial de bambú se duplicará para el 2020, en las actuales condiciones del mercado la demanda interna de China crecerá de manera extraordinaria pues va de la mano del crecimiento demográfico, por lo que la producción nacional china no podrá darse abasto, esto es una oportunidad para Sinaloa, de acuerdo a los especialistas chinos. Existen amplias posibilidades de que los municipios de Culiacán, Elota y Badiraguato sean los pioneros en la siembra de este vegetal, gracias a sus condiciones climáticas.

Es una planta que sirve de contención en deslaves, pues absorbe mucha agua, de igual forma tiene la ventaja de absorber más rápido cuatro veces dióxido de carbono que otros árboles por lo que los municipios serranos se verán beneficiados por sus condiciones climáticas y por tener agua en las represas., expresó José Óscar Padilla Valencia.

China hace una comparación de los porcentajes de producción de bambú en el mundo, y el país Asiático es el numero 1, muy por encima de toda Latinoamérica, este proyecto que está en marcha podría ayudar a la mejora social y económica de la región y a la vez a la del país y sobre todo al fomento de las biotecnologías como base primordial en las construcciones.

Tabla 4.2 El mayor porcentaje de producción de bambú en el mundo lo tiene China.

PAIS	PORCENTAJE
	%
China	56
India	27
Indonesia	6
Japón	1
America Latina	0.01

Tomado de: CBRC. (<http://www.noroeste.com.mx/publicaciones.php?id=441311>)

Los Estados que presentan potencial de producción de Bambú son Sinaloa, Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Chiapas, Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Campeche y Morelos

En Chiapas existe un Centro Tecnológico del Bambú ubicado en el camino hacia las ruinas de Palenque el cual, tiene como uno de sus proyectos impartir cursos en sus instalaciones.

Los interesados, provenientes de distintas partes del país, incluso del extranjero, aprenden a realizar con este flexible material, cultivado y tratado en esta región, la manufactura de diversos artículos, desde objetos decorativos artesanales, hasta robustas estructuras para la construcción.

El objetivo es crear proyectos productivos de bienestar social a partir de esta planta que tiene un sinnúmero de cualidades, para que en las comunidades se siembre el bambú y posteriormente se realicen muebles, objetos artesanales y estructuras para la construcción. **Imagen 4.15**



Imagen 4.15

Mesa de centro elaborada con bambú, diseño de los cursos impartidos en el Centro Tecnológico del Bambú.

También se están elaborando estructuras para algunos establecimientos turísticos en Palenque y es una opción rentable y con buen mercado para muchas comunidades, además de los beneficios que aporta a la conservación del medio ambiente.

Hay un grupo fuerte apoyado por el gobierno de Chiapas, entre ellos Xanvil A.C. es una asociación para el fomento de la cultura y ecología maya, se fundó en 1999 para impulsar el trabajo en temas diversos como son el desarrollo y promoción del trabajo artesanal de los mayas, desarrollo integral sustentable de los pueblos indígenas de Chiapas, promoción y desarrollo de los valores ecológicos inherentes de los pueblos mayas, protección del patrimonio cultural y natural de los pueblos mayas, entre otros.

Su misión es contribuir al desarrollo sustentable colaborando de manera conjunta con las comunidades y la naturaleza, generando la participación directa entre la gente para fortalecer los procesos de planeación y ejecución, promoviendo la conformación de cadenas productivas, fomentando la investigación, la promoción de las culturas y su

relación con el medio ambiente para su preservación y mejor aprovechamiento, entre ellos la producción del bambú.

Tiene concebido un futuro de comunidades que mantienen una relación armoniosa con el medio ambiente de manera sustentable y donde el respeto a la diversidad cultural prevalece como una parte medular para el bienestar social y económico en equilibrio con la naturaleza.

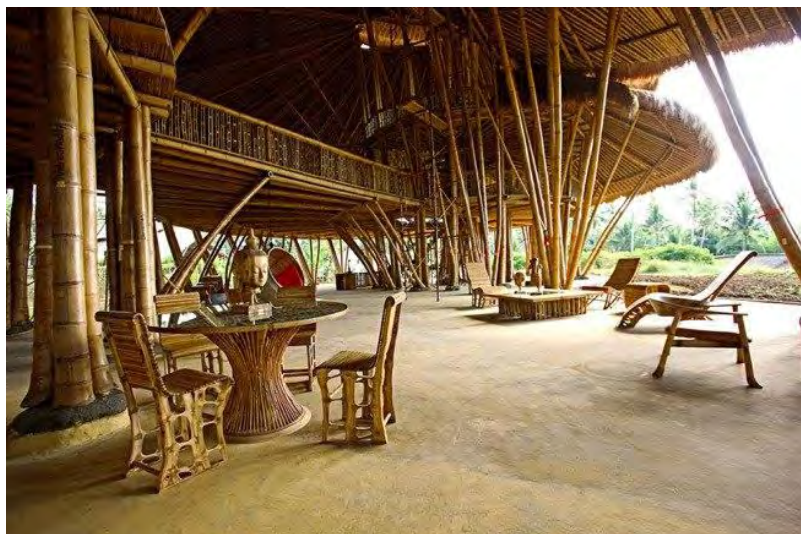
Xanvil se fundó en 1999 como un recurso alternativo para fomentar el desarrollo sostenible respetando los valores culturales y la diversidad. Apoya a la gente, sus organizaciones y agrupaciones para formar comunidades armoniosas, saludables y productivas, otorgando herramientas practicas para el éxito mediante los siguientes programas:

- [Artesanías para el Bienestar – valorando nuestra cultura](#)
- [Iniciativas productivas – fomentando empresas comunitarias](#)
- [Mujeres en liderazgo – diversidad e igualdad](#)
- [Educando para el futuro – cultura ambiental](#)

En Chiapas existen más proyectos con menos difusión como es el caso; En Salto de Agua, Chiapas: son proyectos enfocados a la realización de muebles y son muy cotizados por sus bajos costos y su producción es artesanal. A demás hay BambuChol en Frontera Corozal, Chiapas apoyado por Xanvil cerca del Rio Usumacinta y cerca de las ruinas de Yachilan. **Imagen 4.16**

Imagen 4.16

Muebles de Bambú, Chiapas, México.



También en Chiapas existe una Granja Educativa Terra-Tropika Agroecológica y Turismo Rural dirigida por *Carlos Moscoso*, en las afueras de San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Terra-ropika es una granja educativa con interés en mostrar la vida en el campo y los métodos agroecológicos y de conservación de la naturaleza teniendo a esta misma como atractivo directo un lugar de entretenimiento y conocimiento.

En el estado de Oaxaca también existes pequeñas construcciones; hay un restaurante hecho con *Guadua angustifolia* en Puerto Escondido Playa Zicatela, y en Pluma Hidalgo Oaxaca se llevan obras de menor dimensión pero no menos importantes.

En Guerrero por Troncones (cerca de Zihuatanejo), un Arquitecto de nombre *Eduardo Huerta* (lalotzin@hotmail.com) y otros grupos trabajando en la costa grande también emprenden pequeños proyectos con fundamentos asentados del bambú.

En Morelos, México existen varias regiones donde se lleva a cabo trabajos dirigidos al tema ambiental.

En Tequesquitengo, Morelos, hay un nuevo proyecto “Jardines de México”, es un nuevo parque ecológico con acceso público donde ha estado trabajando el Ing. Colombiano *Antonio Giraldo Maya* (agiraldo@bambu-guadua.com), quien ha construido hasta el momento dos enormes bodegas hechas de *Guaduaangustifolia*, la cual proviene de un plantación de 700 hectáreas ubicada en El Reforma, Chiapas cerca de Villahermosa, Tabasco, una sirve como comedor para empleados y otra para maquinaria pesada. “Jardines de México” cubre un área física de 100 hectáreas.

En Cuernavaca, Morelos está trabajando el *Arq. Colombiano/Mexicano Leopoldo Carriazo* <leocarriazo@hotmail.com> el tiene y ha construido domos y kioscos portátiles de bambú.

A sí mismo en el estado de Morelos en la región de Tepoztlán, considerado un pueblo Mágico, se lleva a cabo un curso-taller **“Bambú + Muros de tierra”** impartido por el *profesor Clinton McDowell Chenowyth* instructor, y la colaboración de la *Arquitecta Carmina Flores Carranza* egresada de la Universidad Nacional Autónoma de México y reconocida bambuologa en México, también instructora, y el Sr. *Alfonso Rangel Rodríguez* con el cargo de instructor. Este curso-taller fue promovido por la Red Mexicana del Bambú en el cual se expone una base teórica de los principales usos de este recurso, y con ayuda de materiales de origen industrial o natural se construyen un muro con la técnica del bahareque ya explicado en capítulos anteriores como producto final del curso-taller.



Imagen 4.17 Construcción de la casa del profesor Clinton McDowell Chenoweth, con la técnica del Bahareque, en Tepoztlán Morelos.

Imagen obtenida: *(Curso "Bambú + Muros de tierra")*

El proceso constructivo para la realización del muro consiste en conforma una estructura de latillas horizontales y verticales, que están sujetas a culmos verticales y castillos, por medio de alambre recocido a una distancia no mayor de 8 cm. Imagen 4.18



Imagen 4.18 Inicio en la construcción del muro, técnica Bahareque.

Imagen obtenida: *(Curso "Bambú + Muros de tierra")*

Luego se sujetan latillas verticales con las horizontales, de tal forma que formen cuadrículas.

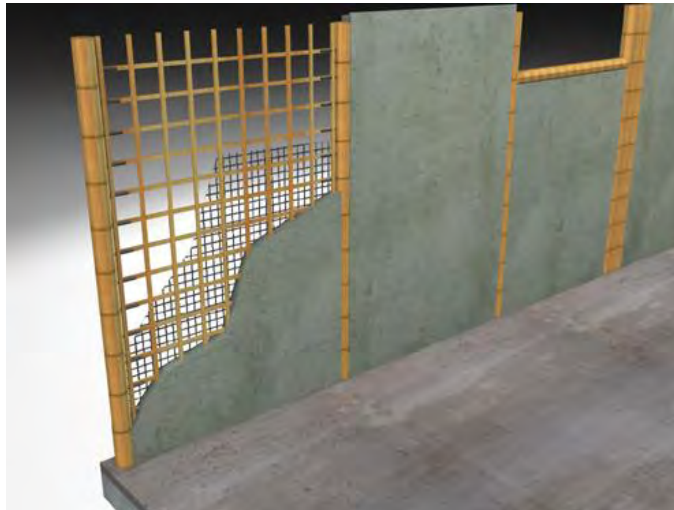


Imagen 4.19

Diseño del muro proporcionado

Por la Arq. Carmina Flores

Imagen obtenida:*(Curso “Bambú + Muros de tierra”)*

Una vez formada la rejilla con el material de bambú, se hace una mezcla que será el relleno de la estructura ya mencionada, en este caso es una mezcla con materiales totalmente naturales que se realiza como se explica a continuación:



Imagen 4.20 Rejilla del Lado derecha de la imagen lista para ser rellena.

Imagen obtenida:*(Curso “Bambú + Muros de tierra”)*

Se mezcla una unidad de estiércol de vaca con 2 unidades de una mezcla de arena (30%) y arcilla (70%) y se añade paja y agua; en el recipiente donde se tiene el agua se introducen nopales ya que estos proporcionan un material viscoso que sirve como adhesivo. Se integran los constituyentes hasta obtener una consistencia pastosa. **Imagen 4.17**

El estiércol de vaca es preferible por sus fibras finas. La paja puede ser de cualquier tipo en longitudes no mayores a 10 centímetros.



Imagen 4.21: Mezcla de materiales para el relleno de la estructura o rejilla de bambú.

Imagen obtenida: *(Curso "Bambú + Muros de tierra")*

Esta práctica del bahareque que se utiliza para la realización de muros es muy antigua y tiene la ventaja de crear espacios que conservan la temperatura haciendo térmico el lugar.



Imagen 4.22

Muros de bahareque para construcción de una casa, Tepoztlán, Morelos.

Imagen obtenida: *(Curso "Bambú + Muros de tierra")*

En el resto del país existe muy poca difusión, es por eso que se necesitan crear estrategias para lograr avances en el tema.

Por otra parte, en la Universidad Nacional Autónoma de México el Arquitecto Andrés Cásares se ha interesado en este material y su trabajo más reciente se ha enfocado en la investigación y aplicación del bambú a la construcción. En 2010, con motivo del centenario de la UNAM, **Andrés construyó un pabellón a partir de este material para alojar la ceremonia en la que se depositó una “capsula de tiempo”**. *Pase Usted* es una asociación civil formada por jóvenes comprometidos por ofrecer los medios e incentivos para lanzar y compartir ideas y así crear una comunidad abierta de personas que creen en la posibilidad de transformar el presente a través de las mismas, se acercó a él para conocer más de su trabajo y de las posibilidades que podría arrojar un material poco usado en la industria de la construcción mexicana.



Imagen 4.23 Estructura de Bambú, Ciudad Universitaria

Imagen obtenida de: (<http://www.chilango.com/ciudad/nota/2011/11/29/edificios-de-bambu>)

En México no sólo se apuesta por la edificación ecológica, también existe un proyecto de bicicletas hechas con bambú, con un propósito altamente ecológico, ya que al producir este medio de transporte se reduce el uso de materiales como el metal que contribuyen a la contaminación por su proceso de creación, y así también a motivar el uso de este vehículo para transportarse y reducir los niveles de bióxido de carbono que producen los autos en su proceso de combustión.

Diego Cárdenas Landeros es el creador de este proyecto está fabricando bicicletas de bambú en el DF. La empresa se denomina “bamboocycles”, la cual es una empresa que busca crear bicicletas y accesorios para bicicletas a partir del bambú. El objetivo es crear bicicletas ligeras, resistentes y amigables con el medio ambiente. Su principal apuesta es el diseño. No sólo trata de utilizar materiales poco convencionales, busca dar un paso más al proponer un diseño innovador. Por la naturaleza de los materiales que emplean, su trabajo es a mano indispensablemente, de ahí que parte que todos los objetos creados transmitan una sensación de individualidad artesanal. Cuida mucho los detalles y pone atención en los acabados.



Imagen 4.24 Taller de Bicicletas de Bambú

Imagen obtenida de: (<http://bamboocycles.com/about/>)

El Ing. Armando Antonio Moreno Sánchez hace cálculos para construcciones de bambúes. Viaja frecuentemente a Colombia y a Cuba a dar pláticas relacionadas con bambú. Además hay gente trabajando en Jalisco, Colima y La Huasteca.

Cabe mencionar a el Ing. Mauricio Pérez <mmora@fuppue.org.mx> el gerente de la Fundación Produce Puebla, A.C., está involucrado en varios proyectos de bambú en el estado de Puebla. El último proyecto es una cerveza hecha con una receta alemana la cual se le agrega un extracto de hojas de *Bambusa oldhamii*, el producto se hace artesanalmente en San Pedro Cholula, Puebla.

Imagen 4.25

Cerveza a base de Bambú.



La obra más reciente de Bambú en México es el Centro de capacitación Ambiental Volkswagen en, cuenta con un techo verde constituido con plantas de la zona y muros de tierra estabilizada con una estructura de Bambú, cimentación y piso de madera, el centro incorpora un sistema de captación de agua pluvial y tratamiento de aguas jabonosas y paneles solares que completan su autonomía.

Imagen 4.26 Construcción del CENTRO DE CAPACITACION AMBIENTAL DE VOLKSWAGEN



Imagen obtenida de:

(<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10151618698177392&set=a.10151457153482392.545772.148692002391&type=3&theater>)

Este tipo de obras podrían ejecutarse en todo la república Mexicana, y el fin principal seria ayudar al medio ambiente, sin duda de que contribuiría también a la estética del paisaje.

Imagen 4.27 CENTRO DE CAPACITACION AMBIENTAL DE LA BOLKWAGEN PUEBLA, MEXICO.



Imagen obtenida de:

(<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10151618698177392&set=a.10151457153482392.545772.148692002391&type=3&theater>)

4.4 CONGRESOS E INSTITUCIONES DEDICADAS AL DESARROLLO DEL BAMBÚ EN MÉXICO

4.4.1 Congresos y acciones

En el año 2005 se llevó a cabo el 1º Congreso del Bambú en la ciudad de Xalapa, Veracruz, con un carácter internacional que reunió a personalidades como Arq. Jorge Morán, Arq. Simón Veles, Ing. Ximena Londoño, Ing. Francisco Castaño, Dra. Lynn Clark, entre otros, y por parte de México la de Gilberto Cortés sobre el Bambú en México, este último el presidente de la Asociación Mexicana del Bambú (AMEB).

En el 2008, es la ciudad de Puebla la que alberga el 2º Congreso del Bambú, que igualmente reunió a especialistas de todo el mundo y estuvo organizado por

representantes del INBAR, el organismo internacional que promociona el uso del bambú y del ratán, del AMEB (Asociación Mexicana del Bambú), y del propio Gobierno del Estado de Puebla además de la Fundación Produce Puebla, A.C.

De estos eventos se puede obtener como los grandes logros, el dar a conocer las acciones que se estaban llevando a cabo en el país (México), y servir como motivadores para aquellos que pudieran incursionar en el uso de este material.

Este congreso tiene como principal objetivo encontrar alternativas para el cultivo del bambú y posteriormente su utilización para la construcción. Tomando en cuenta y como principal punto la conservación del medio ambiente ante los grandes problemas mundiales que existen por el uso de materiales que tienen procesos demasiado industrializados y causan un gran daño al ambiente.

En México los estados con más difusión sobre este tema actualmente son Veracruz y el estado de Puebla, en el cual sus gobiernos han puesto en marcha acciones para la pronta explotación y aprovechamiento del bambú como recurso que ayude a la sustentabilidad de las regiones de sus estados.

El Gobierno del de Puebla que ha establecido lo que llamó **la Cadena Productiva del Bambú** en el Estado, programa que parte desde la selección de la semilla, viveros, plantaciones, manejos, cosecha, transformación y comercialización. Esta cadena está representada en cuatro regiones del Estado (Sierra Norte, Sierra Nororiental, Sierra Negra y la Mixteca y está apoyada por la Secretaría de Desarrollo Rural estatal y la Fundación Produce de Puebla. Cuenta con cinco viveros, dos Centros de Acopio y un Centro de Transferencia de Tecnología e Información del Bambú. Los dos centros de producción y acopio de guadua se ubican en Hueytamalco y en Cuetzalan. Esta cadena cuenta con un Consejo Poblano del Bambú cuyo comité administrativo lo conforman los distintas agrupaciones de bambuseros del estado y es el ente que dicta los lineamientos del Programa Estatal de bambú para el Estado de Puebla (*Bejarano, 2008*). En la actualidad se hacen esfuerzos para que esta cadena productiva se extienda a todo el país, a través de un plan nacional de aprovechamiento del bambú; Fundación Produce Puebla A.C. se constituyó en 1996 como una Asociación Civil, que funciona como organismo autónomo e independiente, con personalidad jurídica propia sin fines de lucro. Busca vincular al sector público con la sociedad para responder a las necesidades de los productores agropecuarios. Asimismo, desarrolla y financia proyectos para beneficiar al sector rural poniendo énfasis en las comunidades con alta marginación y pobreza, además de

encaminar a los productores visionarios hacia una cultura empresarial. Esta fundación busca además la “captación de demandas de tecnología; gestión de alianzas públicas y privadas; financiamiento complementario a proyectos de investigación y transferencia de tecnología; difusión de tecnología en video, publicaciones, medios digitales; gestión para la organización de eventos científicos y tecnológicos de nivel nacional e internacional”.

Existen 32 Fundaciones Produce en el país, que pretenden solucionar los problemas de productividad, falta de comunicación y conocimientos novedosos que impulsen la productividad agropecuaria.

Cooperativa Tosepan Titataniske. En la Sierra Nororiental del estado de Puebla se encuentra esta Sociedad Cooperativa Agropecuaria Regional Tosepan Titataniske que impulsa el cultivo de bambú como “una estrategia de desarrollo sustentable para fortalecer la economía campesina a través de la diversificación productiva, el desarrollo de programas de cafecultura orgánica, el turismo sustentable y la agroforestería”, además del bambú “experimentando y evaluando diferentes sistemas constructivos, ecotecnologías, artesanías, muebles, reproducción en vivero y un centro de transformación para material de construcción”. En esta cooperativa se siembran especies como *bambusa oldhamii*, *guadua aculeata*, *guadua angustifolia* y *phyllostachis aurea*. En la actualidad se promocionan unas cabañas construidas con materiales como piedra, ferrocemento y bambú, incluso en los techos.

Con este último se ha experimentado con el periodo de corte, el ahumado, la aplicación de diesel, aceite de linaza, aceite quemado y finalmente una solución de ácido bórico y borax decahidratado al 10%, durante 5 días. (Tellez; 2008).

Se ha experimentado con sistemas constructivos como ensambles en boca de pescado, el ahogado del bambú en concreto, reforzamiento por codales y arcos, estructuras en cúpula, muros inclinados y paneles para muros. En techos se han probado estrilla con teja, planchado con láminas, planchado y entresijos de concreto, hasta mallas ligeras recubiertas con concreto. En el caso de muros se han aplicado sistemas de estirilla tejida, planchado adherido a un panel, paneles con bambú y malla plafón y caña abierta. Para los acabados se ha experimentado con cancelería de bambú en puertas, ventanas, detalles de los baños, pinturas en base a tierra, baba de nopal y sellador. También se ha probado con viviendas sustentables basadas en el uso de ecotecnologías para la captación y tratamiento de aguas, uso eficiente de energía a través de calentadores ahorradores, etcétera. (Téllez: 2008).

En el Estado de Veracruz, se crea el 5 de agosto de 2005 el Consejo veracruzano del bambú Veracruz para “impulsar el desarrollo de las actividades productivas del bambú, así

como de las organizaciones de productores y la explotación de este cultivo en las distintas regiones de la entidad Veracruzana”

Se cuenta con un importante centro de acopio y desarrollo del bambú en Huatusco, perteneciente a la empresa Bambuver, que es “una Asociación Civil que pretende establecer un Programa de Desarrollo Integral del Bambú en colaboración con prestigias instituciones de los sectores gubernamental y privada”. Sus objetivos:

- Promover el desarrollo y crecimiento regional
- Impulsar una política rural que implique cambiar hábitos, prácticas y usos tecnológicos, que frenen el deterioro de nuestros recursos naturales, la erosión, la contaminación y el agotamiento de los recursos acuíferos, así como la deforestación de los bosques y selvas.
- Promover el desarrollo y crecimiento
- Aprovechamiento forestal
- Promover y fortalecer programas que den proyección a la industria veracruzana”.
- Impulsar el desarrollo de la Agroindustria para generar empleo en el campo”

Bambuver, fundada en 1989 por el veracruzano Rafael Guillaumín Fentanes, es una empresa apoyada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), y definitivamente el mayor centro de desarrollo del bambú del país, donde podemos encontrar especies muy variadas tanto para plantar como listas para utilizar en artesanías o construcción. Incluso se fabrican barandales, paneles para construcción, mariposarios, muebles y la tecnología para poder construir con este material

4.4.2 Instituciones dedicadas al Desarrollo de la Construcción con Bambú en México

Las instituciones y organizaciones forman un papel muy importante para el avance y difusión de información que existe acerca del tema, ya sea por parte de instituciones nacionales o internacionales, por esto los países que tiene mayor experiencia en el uso y cultivo del material son una de las bases principales de las cuales México tiene que apoyarse para poder hacer un uso del Bambú de mejor manera y mayor calidad, además

de realizar sus propias pruebas que tengan como objetivo un mejor desempeño del material ya que en México no existe aún un avance significativo en este ámbito.

A continuación se presentan algunas instituciones y sitios dedicados a esta tarea, plasmando sus objetivos y trabajos realizados.

┌ **Bambumex.org.**

Es “un sitio no comercial que intenta dar a conocer aspectos sobre la biodiversidad y conservación de las especies de bambú en México” (Bambumex.org del 3 de julio del 2011), que publica reseñas originales sobre bambú y apoya las acciones comerciales, de investigación, arquitectura, etnobotánica, biología y la difusión del conocimiento sobre el bambú en México y el mundo. Bambumex.org pertenece a las siguientes organizaciones:

American Bamboo Society (ABS), International Network for Bamboo and Ratan (INBAR), Sociedad Latinoamericana de Botánica, Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos SNIT, World Bamboo Organization (WBO), Bambú de las Américas (BOTA).*(Cortés, 2008: 2).*

┌ **American Bamboo Society (ABS):**

La Sociedad Americana del Bambú (ABS), se formó en 1979 y se incorporó en el estado de California en 1981. Hoy cuenta con más de 700 miembros que viven en los EE.UU. y en otros 37 países.

El **ABS** emite una revista bimensual, **BAMBÚ**, y la **Revista de la Sociedad Americana del Bambú**, que se publica irregularmente. Patrocina charlas, conferencias, visitas y ventas de plantas. Mantiene bibliotecas de bambú, distribuye publicaciones y dona plantas para jardines públicos.

-Desde 1980, la ABS ha introducido con éxito muchas nuevas especies de bambú para los EE.UU. y México. Es un miembro de la **Organización Mundial del Bambú**, una asociación de sociedades de bambú en todo el mundo, que patrocina una conferencia de bambú internacional cada cuatro años.

Sus principales objetivos y propósitos son:

Proporcionar una fuente de información sobre la identificación, la propagación, la utilización, la cultura y el aprecio de los bambúes. Para difundir y almacenar esta información, la Sociedad mantiene una biblioteca de referencias y publica un **diario** y una **revista**.

- Promueve la utilización de un grupo de especies deseables por el desarrollo de las poblaciones de plantas para su distribución a los jardines botánicos y la introducción al público en general a fin de preservar y aumentar el número de **especies de bambú** en los Estados Unidos y México.
- Plantar y mantener jardines de bambú para mostrar la belleza característica de las plantas maduras y para proporcionar material vegetal para la investigación en la taxonomía, la propagación y la cultura de un número tan grande de especies como sea posible.
- Apoyar a la investigación de bambú en el campo y establecer cualquier instalación que se considere necesaria para llevar a cabo los proyectos de investigación aprobados por la Administración.

International Network for Bamboo and Ratán (INBAR)

INBAR evolucionó a partir de una red informal de investigadores del bambú y ratán , fue creada en 1984 por el centro de investigaciones para el Desarrollo de Canadá. Desde entonces, los miembros de INBAR han crecido y han incluido a 38 países.

Tiene oficinas regionales que amplían la red a través de Asia, África y América latina incluyendo México.

En 1995 cuando fue una organización mas permanente propuso UBICAR su cede en China y fomentó la creación de un grupo piloto: Preparación China INBAR. En 1997 nueve Estados miembros fundadores y observadores de otros 6 países fueron testigos de la firma del Acuerdo de Establecimiento INBAR en el Gran Palacio del Pueblo en Beijing.

Su misión es mejorar el bienestar de los productores y usuarios de bambú y el ratán, mientras se mantiene una base sostenible de recursos mediante el apoyo a la investigación innovadora y el desarrollo.

Después de más de 15 años de operaciones exitosas, la red INBAR es ampliamente reconocida como la fuente premier de la experiencia en bambú.

Para el año 2015 se pretende haber mejorado la vida de las personas que viven del bambú y el ratán, y que han producido un amplio portafolio de soluciones probadas a problemas de desarrollo.

Mientras tanto, esfuerzo por contribuir a los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU, promoviendo estas soluciones entre los investigadores, los políticos y el sector privado animándoles a invertir en el bambú y el ratán.



Imagen 4.28

Familia Hindú; favorecida por el uso del Bambú y su industrialización.

Í **Sociedad Latinoamericana de Botánica:**

La Red Latinoamericana de Botánica (RLB) es un consorcio de Centros de Educación de Postgrado localizados en Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, México y Venezuela. En estos países, un número selecto de prestigiosas instituciones académicas latinoamericanas, con científicos reconocidos internacionalmente, colaboran para proveer educación de postgrado (pre-maestría a doctorado) en diferentes áreas de las ciencias vegetales a estudiantes de otros países de la región latinoamericana. Los Centros son también para la organización de cursos regionales de postgrado y reuniones científicas.

La RLB funciona con base en un Comité Directivo, un Comité Científico y un Comité Consultivo Externo. Los dos primeros se reúnen periódicamente en algún país latinoamericano para discutir materias y políticas presupuestarias, planificar actividades y revisar las postulaciones a becas y otras ayudas financieras.

Los propósitos específicos de la RLB son:

- Aumentar el número de científicos botánicos educados en Latinoamérica, en un contexto regional, teniendo como principios guía una mayor sensibilidad a las necesidades de conservación de la biodiversidad y la promoción de investigación relevante para ello.
- Promover el desarrollo de nuevos centros de excelencia botánica a través de la región.
- Reducir el aislamiento crítico entre los científicos de Latinoamérica, que ha impedido en gran medida el desarrollo de una voz regional para enfrentar los problemas de la conservación y el manejo de los recursos.
- Promover un mayor orgullo regional, autosuficiencia y relaciones internacionales más fuertes y saludables entre los países de Latinoamérica.

∫ **World Bamboo Organization (WBO):**

La Organización Mundial de Bambú es un grupo diverso compuesto por personas individuales, empresas comerciales, asociaciones sin fines de lucro, instituciones y corporaciones aliados comerciales que comparten un interés común, el bambú. El propósito de la OMB es mejorar y promover este interés, así como las condiciones que afectan a la industria circundante. Están dedicados a la promoción del uso de productos de bambú y el bambú para el bien del medio ambiente y la economía.

Es una asociación de comercio libre de impuestos de Estados Unidos (EE.UU. 501-c6, est. 2005) formada para facilitar el intercambio de información de todo el mundo en los aspectos ambientales, socioeconómicos, biológicos y culturales de bambú. Al reunir a personas de bambú local y regional y la creación de mecanismos para la comunicación global, el objetivo de la OMB es facilitar el desarrollo de nuevas asociaciones y alianzas para avanzar en las causas de bambú y la promoción de los esfuerzos de los profesionales

de bambú en todo el mundo. Juega un papel crucial en la creación de redes que permiten concentrar personas interesadas en el tema.

Originalmente fundada como la Asociación Internacional de Bambú (IBA), la idea de crear un órgano de coordinación internacional para los profesionales de bambú nació de las discusiones del Taller Internacional de Bambú en Chiang Mai, Tailandia en 1991.

Como consecuencia la IBA estableció en 1992 el Congreso Internacional de bambú en Japón. A partir de 1998, la IBA ha sido la plataforma de coordinación para las personas interesadas en el bambú en todo el mundo, teniendo como responsabilidad primordial el Congreso Internacional de Bambú y el Taller Internacional de Bambú. La unión de estas dos reuniones distintas se llama hoy el Congreso Mundial de Bambú, y ha dado lugar al renacimiento de la IBA en la Organización Mundial del Bambú.

Cada 3 a 4 años OMB organiza un Congreso Mundial de Bambú , (CMB), que es la culminación de los esfuerzos para unir físicamente a los aficionados y profesionales del tema, los cuales convienen con personas de todo el mundo para discutir, colaborar e intercambian puntos de vista que llevan a una mejora y estimulación del potencial de los productos

Desde su creación en Puerto Rico en 1984, cada Congreso Mundial de Bambú ha convocado a una amplia gama de personas, instituciones, empresas y tomadores de decisiones, y ha creado nuevas asociaciones que han hecho una diferencia real para el medio ambiente, las personas y comunidades de todo el mundo. Estos eventos han sido únicamente informativos, educativos, cultural e intelectualmente desafiantes. Los acontecimientos ponen en relieve el estado del arte en la ciencia de bambú, la tecnología y la industria.

┌ **Grupo Bambuotatea de México:**

Es un sitio que se formó para promover el intercambio de temas e ideas relacionados con el bambú.

┌ Consejo Veracruzano del Bambú. COVERBAMBU (www.bambumex.org).

Tiene su sede en el Instituto Tecnológico de Chetumal de donde proviene el biólogo Gilberto R. Cortés R., principal especialista sobre el bambú en México, mismo que colabora con la Sociedad Americana del Bambú (ABS), que creó y financia el proyecto Bambúes de las Américas (BOTA). (Cortés, 2008: 2).

┌ Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos (SNIT):

Los primeros Institutos Tecnológicos surgieron en México en 1948, cuando se crearon los de Durango y Chihuahua. Poco tiempo después se fundaron los de Saltillo (1951) y Ciudad Madero (1954). Hacia 1955, estos primeros cuatro Tecnológicos atendían una población escolar de 1,795 alumnos, de los cuales 1,688 eran hombres y sólo 107 mujeres. En 1957 inició operaciones el IT de Orizaba. En 1959, los Institutos Tecnológicos son desincorporados del Instituto Politécnico Nacional, para depender, por medio de la Dirección General de Enseñanzas Tecnológicas Industriales y Comerciales, directamente de la Secretaría de Educación Pública.

En el libro *La Educación Técnica en México. Institutos Tecnológicos Regionales*, editado por la Secretaría de Educación Pública, en 1958, se marcó la desincorporación plena de los IT y el inicio de una nueva etapa caracterizada por la respuesta que dan estas instituciones a las necesidades propias del medio geográfico y social, y al desarrollo industrial de la zona en que se ubican.

Estas instituciones a su vez están dedicadas a la investigación en el ámbito ambiental y la búsqueda de nuevas tecnologías para el beneficio social a si también al estudio y conservación de Bambú y otras especies vegetales.

El Instituto Tecnológico de México cuenta con una amplia biblioteca sobre el bambú, además de información sobre los bambúes nativos de México.

┌ Empresa Agromond, S.A. y el Programa Bambú-Guadua en México.

Tienen su sede en Villahermosa, Tabasco. Tiene sus plantaciones en Chiapas y vende tallos de bambú y esterilla además de puntales con fines de construcción, jardinería y uso agrícola.

┌ **Bambuerver, A.C. Asociación Mexicana del Bambú (AMEB):**

Es una organización que agrupa a todos los involucrados, directa o indirectamente, con la planta de bambú, ya sea en las actividades científicas, profesionales, técnicas y educativas. Se crea con el fin de obtener un mayor intercambio de ideas entre sus miembros.

Sus objetivos son:

- Promover una cultura del bambú a través de programas de uso, su difusión, su conservación en México.
- Promover una relación con las asociaciones nacionales e internacionales similares.

El AMEB promueve diversas acciones entre sus asociados, tales como:

- Creación de un centro de información: bibliográfica y documental.
- Organización de eventos, tales como conferencias, simposios, seminarios cursos, talleres y exposiciones.
- La coordinación entre miembros y las autoridades gubernamentales que adopten medidas destinadas a fomentar la explotación, conservación y comercialización del bambú.

┌ **En el CECAF A.C. (Centro de Capacitación Agropecuaria y forestal)**

Busca que los habitantes de las zonas rurales aprendan a aprovechar este recurso dentro de su modo de vida como un material sustituto de la madera, encontrando beneficios de desarrollo económico y sociocultural.

En cuanto a los trabajos desarrollados en los aspectos de producción se tienen:

- ◆ Proyectos a corto plazo: EL bambú se usa como cortina rompe vientos en cultivos de chayote, patios de almacenamiento de materiales, orillas de caminos y áreas estratégicas compactas, en total CECAF cuenta con 2 hectáreas con las variedades más usadas, *Oldhamii*, *Phyllostachis* y *Guadua*.
- ◆ Proyectos a mediano plazo: El uso del bambú en la región centro del estado de Veracruz se ha perdido, en CECAF se ve con suma importancia como los materiales de construcción mantienen un alza de precio haciéndose inalcanzables para la gente de las comunidades más necesitadas por lo que a mediano plazo se

implementó el uso del bambú en construcciones ligeras como áreas de empaque, bodegas, artesanía y fabricación de muebles.

- ◆ **Proyectos a largo plazo:** En las zonas rurales de muchos países del centro y sur de América por cultura usan como principal elemento constructivo el bambú, desafortunadamente en México ha sido desplazado creando una cultura de desconfianza por desconocer las propiedades físicas y mecánicas de resistencia del bambú.

CECAF ha desarrollado un manual que tiene por objetivo que los habitantes de escasos recursos, puedan ellos mismos, por el sistema de autoconstrucción, construir su vivienda de una manera eficiente, participativa y ambiental.

En el manual se describen, de una manera sencilla, los pasos más importantes para la construcción de una vivienda digna y segura, que mejore las condiciones de vida de sus habitantes y permita un futuro en armonía con la naturaleza.

El material básico que se sugiere es el Bambú, el cual se puede producir abundantemente en esta región y aunque puede ser sustituido por otros materiales como el ladrillo, se quiere rescatar su gran utilidad como la solución a la vivienda económica; además, de resaltar su belleza y funcionalidad. Y se proyecta el Centro de Desarrollo Tecnológico del Bambú en Veracruz, dicha entidad cuenta con una posición geográfica favorable para abastecer los mercados de Estados Unidos, América Latina, Europa y Asia vía el Canal de Panamá.

Veracruz tendrá un Centro de Desarrollo Tecnológico del Bambú con el apoyo de la CONAFOR, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Gobierno Estatal, el cual estará ubicado en la zona central montañosa de Huatusco, Veracruz

Este proyecto permitirá impulsar el establecimiento de plantaciones de bambú como una estrategia de reforestación productiva que ayude a detonar la economía del sector rural veracruzano y que permita recuperar áreas forestales perdidas.

Este Centro de Desarrollo Tecnológico pretende impulsar el programa estatal de construcción de vivienda social y centros escolares con bambú; abatir los niveles de deforestación y disminuir la presión a los bosques por la extracción de los productos maderables.

Como resultado de ese trabajo de fomento, el Gobierno del Estado logró la firma de un documento con la CONAFOR y la Organización para las Naciones Unidas (ONU) que avalan una inversión de 10 millones de pesos que serán destinados para un mejor aprovechamiento del cultivo del bambú.

La industria de la construcción es un fuerte demandante potencial del consumo de madera con cargo a los bosques y selvas.

Ante la desaparición alarmante de los bosques y selvas tropicales, se ha enfocado un gran interés en la plantación de especies de rápido crecimiento; es por esto que se estima que en seis años los logros de este Centro se verán reflejados en el establecimiento de 12,000 ha de plantación de bambú., que permitan la creación de unidades de producción autosuficientes, que garanticen la expansión del cultivo y desarrollen la industrialización y producción del bambú para la construcción de viviendas

El bambú es una alternativa potencial de desarrollo y de protección con futuro promisorio ya que desde el cultivo hasta su aprovechamiento es posible realizarlo satisfactoriamente, otorgando un beneficio socioeconómico que puede ayudar a resolver el problema de la vivienda llevándolo a un desarrollo sustentable.

Esto abastecerá de suficiente materia prima con capacidad para construir 2,000 viviendas anuales, con la generación de 20,000 empleos en producción de planta, establecimiento de plantaciones, mantenimiento de plantaciones, extracción, dimensionado y preservación, fabricación de componentes para vivienda, artesanías e industrialización.

El Centro de Desarrollo Tecnológico del Bambú de Veracruz será el cuarto a nivel mundial, después de China, India y Cuba, pero de mayor envergadura, ya que conjuntará el conocimiento y la tecnología de estos tres lugares.

┌ **BAMBUVER A.C.:**

Es una Asociación Civil que pretende establecer un Programa de Desarrollo Integral del Bambú en colaboración con prestigias instituciones de los sectores gubernamental y privada, con los siguientes objetivos:

- **PROMOVER EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO REGIONAL:** "Establecer y ejecutar programas de desarrollo integral para las regiones con rezagos, buscando con ello incorporarlas a la dinámica de desarrollo económico y social de la entidad".

- AGRICULTURA: "Impulsar una política rural que implique cambiar hábitos, prácticas y usos tecnológicos, que frenen el deterioro de los recursos naturales, la erosión, la contaminación y el agotamiento de los recursos acuíferos, así como la deforestación de los bosques y selvas".
- APROVECHAMIENTO FORESTAL: "Impulsar un desarrollo forestal sostenible, sustentable, sistemático y racional".
- INDUSTRIA: "Promover y fortalecer programas que den proyección a la industria veracruzana".
- EMPLEO: "Impulsar el desarrollo de la Agroindustria para generar empleo en el campo".

4.5 LA ARQUITECTURA DEL MABÚ EN MÉXICO

A continuación, una reseña histórica que muestra como desde mucho tiempo antes de la llegada de los españoles a América, ya se utilizaba el bambú. A la llegada de éstos, se calificó a este material como de "segunda" o "de pobres", lo que desmotivó cualquier posibilidad de uso entre los europeos o la nueva clase social formada por los mestizos. Así, sólo los indígenas mexicanos continuaron utilizándolo hasta nuestros días.

La presencia del primer hombre en México se remonta aproximadamente a 21000 a.C. Estos hombres prehistóricos ocupaban para albergarse cuevas y refugios naturales cuya entrada empalizaban para protegerse (*Infonavit, 1988: 3*). Es de suponer que el material que utilizaban para esta empalizada fuera madera o bambú, según la región donde se encontraban.

En el Cenolítico Superior (del año 7000 a 5000, a. C.), la economía se basa primordialmente en la caza, aunque se inicia el cultivo del maíz. De los campamentos de cazadores recolectores de esta época sólo quedan algunas chozas o refugios temporales, cercanos a ríos y arroyos, semi-excavadas en los que se aprovecha este material del terraplén para hacer un terraplén perimetral sobre el que se colocaba la cubierta que debió estar formada por ramas, bambú, hojas, zacate, palma, etc.), es decir, materiales del entorno inmediato. (*Infonavit, 1988: 4, 5*).

Dentro del periodo conocido como Preclásico (1500 – 100 a. C.), se tiene la vivienda olmeca, cuya fundación se remonta a 1500 a.C. en la región costera del Golfo de México, "se utilizaron horcones o postes gruesos, esquineros que soportaban el armazón de vigas recubiertas de zacate o palma que conformaba la techumbre; los muros se hacían con maderos, carrizo, varas, cañas, etcétera, atados con bejucos o formando los techos"

(Infonavit, 1988: 8). Es importante aclarar que como carrizo se ha conocido al bambú tradicionalmente. En esa misma época y en el Estado de Morelos en el centro del país, y refiriéndose de manera específica a Chalcatzingo (1100-500 a.C.). Ann Cyphers encontró dos tipos de construcción de muros: una con base en piedra y adobe y otra asociada a la pared de bahareque. *(Infonavit, 1988: 10)*.

En un asentamiento llamado Terremote-Tlaltenco (1500-100 a.C.), y que corresponde al numeroso grupo situado en torno a los grandes lagos del Valle de México, específicamente a orillas del antiguo lago Chalco-Xochimilco, donde la actividad característica de sus pobladores era la elaboración de gran número de objetos de cestería (petates, canastas y cuerdas), para la que utilizaban la materia prima de la zona: el tule y la penca de maguey.

La primera condicionante para la construcción era la humedad del terreno. Esta característica obligó a cierta complejidad en la elaboración de los pisos. Apisonada la tierra, se colocaba una capa de tepalcates (fragmentos de cerámica), a la que le superponían capas alternas de tierra y tules, para evitar la filtración de agua. Sobre estas capas se ponía un firme de tierra apisonada. La cimentación de los muros se realizaba con una doble hilada de piedras, entre las que se han encontrado indicios de postes de madera para el soporte de muros y techos de bahareque. El acceso único a la habitación se situaba preferentemente hacia el norte. No existen indicios de puertas. Tampoco se utilizaron plataformas de desplante. *(Infonavit, 1988: 13)*.

Tanto en el periodo Clásico y Posclásico, y debido a los grandes centros urbanos, es la vivienda más consolidada de piedra y adobe la que domina, aunque dentro de la cultura maya, y específicamente en Dzibilchaltún se han encontrado viviendas con cimentación de piedra y sobre la que se desplantaba el muro de bahareque. *(Infonavit, 1988: 46)*.

Con relación a los primeros testimonios de los españoles que existen sobre las viviendas precolombinas, se sabe que atienden a aspectos muy específicos como son los materiales utilizados en su construcción. En las Cartas de Relación, Cortés se refiere a las casas encontradas en la ribera del río Pánuco, en las que señala que todas eran construidas de paja y se desplantaban sobre plataformas de mampostería, al igual que en la zona de Yucatán.

En las Relaciones de Yucatán de Fray Diego de Landa se hace una descripción de la casa maya, diciendo que están construidas con madera y palos puntiagudos, cubiertas con paja o palma. En otros pasajes se menciona que los a muros de bambú se agregaba barro revuelto con hierba, obteniendo una estructura más duradera (bahareque o bahareque). *(López, 1993:24, 25).*

Estas viviendas rivalizaron con aquellas construidas en adobe y piedra con cubiertas a base paja de zacate, y dependió del clima del lugar y de la jerarquía del propietario. Es de suponer que aún en estos últimos casos, la cubierta debió estar sostenida o por madera o por bambú.

Durante la conquista, y de acuerdo a la política que siguieron los españoles con relación a las antiguas posesiones mexicas, se dio la consolidación de numerosos asentamientos indígenas en sus lugares originales, así como la creación de algunos otros en torno a villas y ciudades españolas. “La vivienda indígena no sufrió cambios sustanciales; mantuvo las tipologías prehispánicas de acuerdo con los modelos regionales. No obstante, la organización de estas repúblicas de indios bajo el mando de sus antiguos caciques, convertidos en muchos casos en alcaldes menores, propició la introducción de elementos españoles en las viviendas de estos caciques de acuerdo a su grado de asimilación a la cultura hispana y a sus posibilidades económicas”. Se introdujeron: ventanas, la subdivisión de espacios interiores, los patios interiores, diversos tipos de herrajes y puertas y ventanas de madera. La tipología de la choza indígena trascendió durante toda la época colonial y subsiste hasta nuestros días. *(Infonavit, 1988: 109-113).*

Como ya se mencionó, los españoles no utilizaron bambú para nada, el cual se consideraba un material para pobres, y más bien promocionaron construir con mampostería, buscando una larga duración.

Lógicamente, en lugares con clima cálido húmedo es donde se continúa su uso, lugares como Tlacotalpan, Veracruz, que sin embargo, inicia una transformación utilizando materiales considerados más seguros.

En carta del 26 de octubre de 1793, el pueblo de Tlacotalpan envió al fiscal un expediente donde se expresaba el hecho de que los edificios en este pueblo, en su mayoría, eran de madera, caña, palma y zacate, lo cual produjo varios incendios y por esto, los habitantes empezaron a hacer sus casas de piedra. *(López, 1993: 153).*

Para esto, los dueños de los barcos ofrecieron transportar la piedra en la mar y la leña la ofrecieron cortar los indios.

La Huasteca es una región fértil, exuberante, pródiga y verde todo el año, con abundancia de aguas y ríos que se utilizan para regar las cañas azucareras y los naranjales. Se extiende en un amplio territorio del noroeste de México y regiones importantes de los estados Tamaulipas, Veracruz, San Luis Potosí e Hidalgo, y pequeñas porciones de los estados de Puebla, Querétaro y Guanajuato. Establece el límite entre la zona cálida húmeda septentrional en el continente americano, y con ello el extremo boreal de distribución geográfica del bosque tropical perennifolio. En la Huasteca potosina, sobresale el uso de materiales considerados perecederos como son la palma, otates (bambú), madera, bejuco y otros. *(López, 1993: 160, 161).*

De acuerdo a las Crónicas de Sahagún acerca de las casas en la provincia del Pánuco, nos dicen que eran chozas circulares con paredes de bambú y techo cónico de palma seca. En la actualidad, la planta circular está siendo sustituida por planta rectangular. La arquitectura doméstica, tanto en las rancherías como en los pueblos pequeños, suele estar hecha con muros de chicheve, esto es, un entramado de otates con enjarre de arcilla o tierra de río y zacate; en otras partes se aplica el bahareque. *(López, 1993: 171, 172).*

En la parte oriental del estado de Tamaulipas, y más precisamente al este de Ciudad Victoria, aparecen numerosos poblados con viviendas techadas con palma, alternando los materiales de los muros con tapial o bahareque. Para la colocación de la palma se utiliza un soporte estructural a base de bambú. *(López, 1993: 369).*

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se realizó este trabajo de tesis considerando la problemática ambiental, social y económica que se vive actualmente en México, por lo que se cumplió el objetivo de destacar las virtudes que tiene el bambú para que se pueda utilizar como material para la industria en la construcción en el país, no solo en zonas marginadas, sino incorporado a la arquitectura de las grandes ciudades y así encaminarse a un desarrollo sustentable que beneficie a la sociedad en general.

A nivel mundial y principalmente en los países de Asia y algunos del centro y Sudamérica, el bambú juega un papel integral en las vidas de las poblaciones rurales y urbanas, ayudando así a contrarrestar sus problemas económicos, ya que tratan de hacer mejoras con el uso de este material del futuro, como ha sido denominado.

México no queda exento a estos problemas, y mientras no exista el suficiente apoyo a estas técnicas y el arriesgarse a probar nuevos materiales, no podrá competir ante el mercado extranjero que se extiende cada vez más y con mayor fuerza y no acabará con los altos niveles de contaminación, que son consecuencia del proceso que conlleva la fabricación de materiales como el cemento y la obtención de grava, madera entre otros.

En México existe poco desarrollo en el aspecto ambiental y aún más en la construcción con bambú, solo están algunas empresas, Ingenieros y Arquitectos en querer ocupar este recurso, así también sólo son pequeños grupos e instituciones donde se imparten cursos con propuestas introductorias al tema sin un desarrollo más complejo, son mínimas las obras grandes y poca la gente que se dedica a estudiar este tema en el país.

Las instituciones mencionadas en este trabajo, en su mayoría civiles, juegan un rol muy importante en este ámbito, ya que al ser organismos dedicados a la conservación y mantenimiento del ambiente, su principal objetivo son los temas dedicados al cambio climático. No obstante en países con economías emergentes como México no cuentan con la educación necesaria para contrarrestar el problema de la contaminación y en la sobre explotación de los recursos naturales.

Se detectó que solo existe un apoyo mínimo por parte del gobierno federal para fomentar el uso de materiales alternativos para la construcción de obras civiles. Además falta el soporte de instituciones educativas o de investigación que se preocupen por la sustentabilidad ambiental y la administración eficiente y racional de los bienes y servicios ambientales, de manera que sea posible el bienestar de la población actual en México, garantizando el acceso a estos por los sectores más vulnerables y así evitar que se comprometa la satisfacción de las necesidades básicas y la calidad de vida de las generaciones futuras.

La ligereza del bambú, su alta elasticidad y su resistencia lo hace el material ideal para la construcción en zonas vulnerables a catástrofes naturales como temblores o los huracanes, ya que México es vulnerable a estos fenómenos por su ubicación geográfica. Por lo anterior, es adecuada para el cultivo de esta planta, ya que factores como el clima y topografía son idóneos para su crecimiento, además de que el bambú es una planta que soporta cambios climáticos extremos, su crecimiento es acelerado llegando a producir miles de metros cúbicos en comparación con otras maderas, por lo que se puede cubrir una alta demanda si se sabe manejar su cultivo.

Después de hacer una revisión exhaustiva se encontró que no hay suficiente información de las especies mexicanas en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. En América, solo Costa Rica, Colombia y Ecuador han tenido auge, México tiene las capacidades suficientes para desarrollar programas e investigaciones de calidad, ya que tiene instituciones educativas de nivel superior con alta competitividad para llevarlas a cabo.

México tiene el aforo para convertirse en un lugar sustentable y con un beneficio económico para la industria de la, solo falta hacer conciencia en las grandes empresas, que son las responsables de hacer los desarrollos de la infraestructura en este país y que se implementen en los planes y programas de estudios de las universidades, las acciones correspondientes para que los alumnos conozcan de otros materiales diferentes a los que se emplean en la construcción

RECOMENDACIONES

Este trabajo está desarrollado de tal manera que sea el medio básico o introductorio para el desarrollo de trabajos posteriores, que tendrían que estar más enfocados en la generación de información relativos a la aplicación del bambú en la industria de la construcción.

Como primer recomendación, es hacer viable el uso de instituciones de nivel superior, tales como la Universidad Nacional Autónoma de México y sus organismos internos; como son los Centros de Investigación y Tecnológicos para desarrollar programas que tengan fines como:

- Sembrar especies existentes en el país.
- Tratar de cultivar especies de otros países y así estudiar sus comportamientos de acuerdo a nuestro clima y otros factores.
- Determinar las propiedades de cada especie cultivada y determinar las idóneas para utilizarlas en la industria de la construcción.

También llevar a cabo proyectos con fines de apoyo en lugares donde ya existen estos cultivos, para fomentar, en mayor medida el uso y no perder en estos lugares su dedicación y cuidado a la planta.

A su vez, estas especies servirían para llevarlas a los laboratorios de ingeniería Civil donde los alumnos aplicarán los conocimientos adquiridos, para encontrar nuevas aplicaciones de bambú, así como desarrollar las ya conocidas.

Se deberán desarrollar reglas y normas sobre los estándares de calidad del bambú, para que esta industria pueda competir a nivel internacional, pero lo más importante es que se lograría la aceptación del bambú para ser considerado como un material alternativo a la madera, al acero y al concreto.

La creación de normas exclusivas de México, de acuerdo a sus especies nativas. A las pruebas que a estas se les realicen, serán la parte importante en esta sugerencia, ya que solo existen manuales, y son propios de otros países.

Todo esto apoyado de las instituciones (INBAR, el más importante en este tema), e investigadores que tengan mayor experiencia en el país.

Las normas deben de tener la información necesaria y veraz para ayudar a los usuarios a analizar y proponerse qué tipo de material existente, es capaz de sobrellevar los problemas técnicos, económicos y/o sociales que satisfagan a las estructuras a realizar, y saber qué material podría facilitar de una forma generalizada la construcción a efectuar.

Es importante tener en cuenta que se necesita gente capacitada y dedicada exclusivamente a la investigación del Bambú, y las Universidades son las encargadas de facultar a los alumnos, profesores e investigadores que quieran adentrarse en el tema. Se necesita algún posgrado dedicado exclusivamente a este tema, esto conlleva a mejores resultados, a crear más espacios con componente ambiental y por supuesto al aprovechamiento y a la explotación del Bambú considerado “el material del futuro”.

Lo anterior, tiene el fin de impulsar el crecimiento en México en materia de educación ambiental y sobre todo encontrar materiales renovables y capaces de no dañar el medio ambiente y así contribuir al desarrollo sustentable del país. El reto mayor será encontrar el camino adecuado para realizar obras civiles magnas que involucren Bambú y así se protege el ambiente, el cual es la casa de todos.

ANEXOS

REFERENCIAS

A

- 1.-ABS, American Bamboo Society. Who we Are: American Bamboo Society History. Revista electrónica. Fecha de consulta: 26 de Junio de 2013. Disponible en: <http://www.bamboo.org/bamboo-about.php>
- 2.-Adkoli, 1995, tomado de Bambú, pueblo y ambiente, codirigido por I.V. Ramanaja Rao y Chela B. Sastry. Reporte técnico de INBAR, no. 8 publicado por el CDRI, 17 Jorbagh, Nueva Delhi, India). Fecha de consulta: 09 de Abril de 2013.
- 3.-Agencia Canadiense de Cooperación Internacional Vol. 2.2000-2003, Vol. 2.2000-2003.
- 4.-Álvarez Castilla, Enrique. *La ingeniería del bambú* Conferencia impartida en el 2º Congreso Mexicano del Bambú. Puebla, México, 2008. Fecha de consulta: 01 de Junio de 2013.
- 5.-Arquitectura: 2011: Sinfonía de bambú. Hermoso edificio que invita a construir con materiales tradicionales: Manasaram Architects. Fecha de consulta: 24 de Julio de 2013. Disponible en: <http://noticias.arq.com.mx/Detalles/12538.html#.Uffdgo3EIkp>
- 6.-Articulo. EL Bambú, Estudio del Mercado Mundial, Vol. I. Fecha de consulta: 4 de Mayo de 2013. Disponible en: <http://www.slideshare.net/davidchavez/bambu-estudio-del-mercado-mundial>
- 7.-ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SISMICA. 1998. Normas Colombinas de diseño y construcción sismo resistente. Bogotá: AIS. Fecha de consulta 12 de Julio de 2013.
- 8.-Asociación de Mestres, Rosa y Sensat, Drassanes. Traducción: Serrano, Verónica. 2004. Perspectiva Ambiental, Viviendas Ecológicas. Fecha de Consulta 16 de Julio de 2013. Disponible en <http://www.ecoterra.org/es/publicaciones/perspectiva-ambiental/perspectiva-ambiental-30-viviendas-ecologicas-2004>
- 9.- Arquitectura sustentable. Revista. Edificios y espacios urbanos sustentables. Eco Architectua. Fecha de consulta 21 de Julio de 2013. Disponible en: <http://www.argsustentable.net/zeri.htm>

B

- 10.-** BAMBÚ Y MIMBRE BY LORRAINE CORNELIUS. Fecha de consulta: 9 de Mayo de 201. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/39738756/bambu-y-mimbre>
- 11.-** Bambues de las Americas. Fecha de consulta: 26 de Junio de 2013. Disponible en: http://www.bambooftheamericas.org/?page_id=15
- 12.-** BAMBÚ GUADUA, Proyectos integrales. Fecha de consulta 23 de junio de 2013 Disponible en: <http://www.bambu-guadua.com/index2.html>
- 13.-** Bambú Guazú. El bambú en el NOA (Noroeste argentino). Fecha de consulta: 22 de Julio de 2013. Disponible en: <http://www.bambuguazu.com/el-bambu-en-el-noa.php>
- 14.-** Bamboocycles. Disponible en: <http://bamboocycles.com/bambu/>
- 15.-** Barbaro, Giovanna. Barcelona Mayo de 2007. Transformación e industrialización del Bambú. Segunda parte de la tesis publicada en 1997 en Venecia “La Biónica de Bambú”. Fecha de Consulta: 17 DE Mayo de 2013. Disponible en: <http://www.krfr-1.com/K/articulos/A/bambu-2.pdf>
- 16.-** Bejarano, Rafaél. *Fortalecimiento de la cadena productiva del Bambú del Estado de Puebla*. Resumen de conferencia impartida en el 2º Congreso Mexicano del Bambú. Puebla, México, 2008. Fecha de consulta: 01 de Junio de 2013.
- 17.-** Bio, Arquitectura y Construcción. Revista. Disponible en: <http://www.revistabioonline.com.ar/>
- 18.-** Burneo Calisto, Marcelo. BAMBUA, La Nueva Madera. Fecha de consulta: 22 de Mayo de 2013. Disponible en: e-mail: mfburneo@moldec.com.ec)
- 19.-** Burneo Calisto, Marcelo, BamBua La nueva madera. Fecha de Consulta: 22 de Abril de 2013.

C

- 20.-** C. Satry, Asian Timber, Vol. 18, Nov. 1999 y Vol.19 Febrero 2000. Fecha de consulta: 9 de Mayo de 2013.

- 21.-** Cedeño Valdiviezo, Alberto y Irigoyen Castillo Jaime, EL BAMBÚ EN MÉXICO. Fecha de consulta: 25 de Abril de 2013. Disponible en: http://www.usjt.br/arg.urb/numero_06/argurb6_06_ponto_de_vista_03_alberto_cedeno.pdf
- 22.-** CENTRO DE CAPACITACION AGRIPECUARIA Y FORESTAL, A.C. (CECAF). Fecha de consulta: 27 de junio de 2013. Disponible en: <http://www.cecaf.org.mx/>
- 23.-** *COMPORTAMIENTO DE LA GUADUAANGUSTIFOLIA SOMETIDA A FLEXIÓN (Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá 2001)* Fecha de consulta 23 de Julio de 2013
- 24.-** Cortes Rodríguez, Gilberto R. y Aguilar Amar, Rosa Inés, Los Bambúes del Jardín Botánico F.J. Clavijero, Bio Bambú, Revista Electrónica. Fecha de consulta: 10 de Abril de 2013. Disponible en: <http://www.bambumex.org/paginas/BAMBU-JARDIN.pdf>
- 25.-** Cortés R., Gilberto R. (2009). *Consideraciones sobre la Reforestación con Bambú en México*. Revista electrónica México Forestal número 108, del 13 al 26 de abril. Comisión Nacional Forestal (Conafor). *La vivienda comunitaria en México* (1988). Infonavit, México. Fecha de consulta: 21 de Julio de 2013.
- 26.-** Cortés, R.G. y A.R. Aguilar. Native Species of Mexican Bamboos. En: VII International Bamboo Workshop, (abstracts). San José (Costa Rica), 1998.
- 27.-** Cortés Rodríguez, Gilberto R., Los Bambúes Nativos de México, Instituto Tecnológico de Chetumal, Julio 2007. Fecha de consulta: 10 de Abril de 2013. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv30art3.pdf>
- 28.-** Cortés R.G., Revisión taxonómica de los bambusoides leñosos de Veracruz. Tesis. Universidad Veracruzana, Jalapa, 1983.
- 29.-** Cortés R., Gilberto R. (s/f). *Viviendas de Bambú en México*. Revista electrónica Biobambú. Fecha de consulta: 21 de Julio de 2013. Disponible en: www.bambumex.org
- 30.-** Cortés R., Gilberto R. (2008). *Los Bambúes Nativos de México: su conservación y aprovechamiento*. Fecha de consulta: 21 de Julio de 2013.
- 31.-** Clark, L.G. 1989. Systematics of Chusquea Section Swallenochloa, Section Verticillatae, Section Serpentes, and Section Longifoliae (Poaceae: Bambusoideae). Systematic Botany Monographs Vol. 27. pp: 75-78. Fecha de consulta: 19 de Abril de 2013.
- 32.-** Clark. Distribution patterns in Neotropical bamboos. En: Proceedings of the Neotropical Biotic Distribution Pattern Workshop, Río de Janeiro, Academia Brasileira de Ciencias, 1988, pp. 121-157. Fecha de consulta: 21 de Julio de 2013

33.-Clavijo Ortiz, Sandra Cecilia., Trujillo Cheatele, David Jorge. Evaluación de uniones atracción en guadua. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil.P. 120. Fecha de consulta 12 de Julio de 2013.

D

34.-Diario ecología .com. El bambú como material ecológico de construcción. Fecha de consulta: 01 de Abril de 2013. Disponible en: <http://diarioecologia.com/el-bambu-como-material-ecologico-de-construccion/>

35.-Diseño de miembros laminados en caliente sujetos a compresión axial por el método LRFD Y ASD. Fecha de consulta: 25 de Julio de 2013. Disponible en: ftp://soporte.uson.mx/PUBLICO/04_INGENIERIA%20CIVIL/ACERO%201/Ayudas%20de%20Diseno/COMPRESION%20AXIAL.pdf

E

36.- El bambú en México. El florecimiento, las flores y los frutos del bambú. Fecha de consulta: 12 de Abril de 2013. Disponible en: <http://www.bambumex.org/paginas/florecimiento.htm>

37.- El bambú en México. Sitio Oficial del Bambú en español. Fecha de consulta: 14 de Abril de 2013. Disponible en: <http://bambumex.org/>

38.- EL BLOG DE LA ENERGIA SOSTENIBLE. Disponible en: <http://www.blogenergiasostenible.com/>

39.- Especies forestales de uso tradicional del Estado de Veracruz. Fecha de consulta: 19 de Abril de 2013. Disponible en: <http://www.verarboles.com/Tarro%20Amarillo/tarroamarillo.html#>

40.-Estoes... sapersinfin.com. Revista electrónica. Bambupue A.C. y la Universidad Politécnica de Amozoc Puebla desarrollaron prototipo de “vivienda popular rural”. Fecha de consulta: 29 de mayo de 2013. Disponible en: <http://estoes.sapersinfin.com/?p=953>

41.- El Paso Solar Energy Association. Construyendo con Adobe. Disponible en: www.epsea.org

F

42.- Fundación produce Puebla A.C., Enlace – Innovación – Progreso. Revista electrónica. Fecha de consulta: 23 de junio de 2013. Disponible en: <http://www.fuppue.org.mx/>

G

43.- Garzon Caicedo, Jenny Varinia. Optimización de estructuras en guadua. Santafe de Bogotá, 1996. Trabajo de Grado (Arquitectura). Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Artes. P. 106. Fecha de consulta 12 de Julio de 2013.

44.- GEO una nueva visión del mundo. Arquitectura sostenible. El bambú la madera ecológica. Fecha de consulta 22 de Abril de 2013. Disponible en: <http://www.mundo-geo.es/green-living/el-bambu-la-madera-ecologica>

45.- Gere, James M. y Timoshenko, Stephen P., Mecánica de materiales. 1984. México, D.F: Grupoeditorial Iberoamericana S.A. de C.V. Fecha de consulta 15 de Julio de 2013. Fecha de consulta 12 de Julio de 2013.

46.- Gilberto R. Cortés Rodríguez, Gilberto R. 2005. Aspectos Ecológicos del Bambú. Fecha de Consulta: 15 DE Abril de 2013. Disponible en: <http://www.bambumex.org/paginas/ECOLOGICOS1.pdf>

47.- Gilberto R. Cortés Rodríguez, Gilberto R. 2005. Conservando los Bambúes Nativos. Fecha de Consulta: 15 DE Abril de 2013. Disponible en: <http://www.bambumex.org/paginas/CONSERVANDO.pdf>

48.- Gómez, Carlos. y Rubio, Fabio. 1990. Esfuerzos de trabajo para elementos estructurales de guadua (bambusa guadua). Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana facultad de Ingeniería departamento de Ingeniería Civil. Fecha de consulta 15 de Julio de 2013

49.- González, Eugenia. y Díaz, Jhon. 1992. Propiedades físicas y mecánicas de la guadua. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Fecha de consulta 16 de Julio de 2013.

50.- González Ahumada, Israel., Cerón Cardeña, Miguel A., Solís Rodríguez, Luis E. 2004. Esfuerzos cortante y de tensión paralelos a la fibra en madera de crecimiento rápido.

Fecha de consulta: 03 de Agosto de 2013. Disponible en:
<http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen8/esfuerzos.pdf>

H

51.-HE INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN. Inbar Standart for Determination of Physical and Mechanical Properties of Bamboo. INBAR., 1999. Fecha de consulta: 05 de Junio de 2013.

52.-Hidalgo López, Oscar. Manual de construcción con Bambú. Universidad Nacional de Colombia, Centro de Investigaciones de Bambú y Madera (CIBAM). Fecha de consulta: 25 de Julio de 2013. Disponible en:<http://es.scribd.com/doc/68096774/Manual-Construccion-Con-Bambu>

53.-Hernández, Pablo. Y Cortes, Gilberto. 2005. Monte Blanco: un pueblo de Bambú. Fecha de consulta: 23 de junio de 2013. Disponible en:
<http://www.bambumex.org/paginas/Monte%20Blanco.pdf>

I

54.- International network for bamboo and rattan. Sitio oficial. Fecha de consulta 27 de Junio de 2013. Disponible en: <http://www.inbar.int/who-we-are/history-and-mission/>

J

55.-Jannsen, Jules J. 1998 Building with bamboo a handbook. Holanda: Intermediate technologypublications.Fecha de consulta: 18 de Abril de 2013.

56.-Jannsen, Jules 1999 comunicación personal. Fecha de consulta: 19 de Abril de 2013

57.-Judziewicz, E.J., L.G.Clark, X. Londoño y J.M. Stern. American Bambos. Smithsonian Institution Press.Washington, D.C., 1999.

58.-JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. Manualde diseño para maderas del grupo Andino. Lima Perú: JUNAC, 1984. Fecha de consulta: 18 de Abril de 2013.

L

59.-La casa del carpintero. Fecha de consulta 22 de Mayo de 2013. Disponible en: <http://www.lacasadelcarpintero.com.uy/finger.html>

60.- Liese Walter. The structure of Bamboo in relation to its properties and utilization. Fecha de consulta: 21 de Julio de 2013.

61.-Lieses, Walter. Bamboo: biology, silvics, properties, utilization. GTZ. Eschborn, 1985. Fecha de consulta: 29 de junio de 2013.

62.- Londoño, X. Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del Nuevo Mundo. *Cespedesia* **19**:87-137.

63.- López Morales, Francisco J. (1993). *Arquitectura vernácula en México*. editorial Trillas, México. Fecha de consulta: 21 de Julio de 2013.

64.-LÓPEZ, Luis F. Y SILVA, Mario F. Comportamiento sismorresistente de estructuras en bahareque. Manizales: Universidad Nacional de Colombia ingeniería civil, 2000. Fecha de consulta: 29 de junio de 2013.

M

65.- Madera laminada encolada. Fecha de consulta 22 de Mayo de 2013. Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Glued_laminated_timber

66.-Martín B., José Virgilio., Mateus T., Lelio Rafael. 1981. Determinación de la resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua de castilla” Universidad de Colombia. Fecha de consulta 25 de Julio de 2013.

67.- Martin, José W. y Mateus., Lelio R. Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua de Castilla. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia Facultad de ingeniería departamento de Ingeniería agrícola, 1981. Fecha de consulta: 05 de junio de 2013.

68.- Martinera Hernández, José F., Seijo Pérez, Pedro y otros. *Tecnología para la producción a pequeña escala de tableros de bambú a partir de esteras en Cuba*. Conferencia impartida en el 2º Congreso Mexicanodel Bambú. Puebla, México, 2008. Fecha de consulta: 13 de Julio de 2013.

69.-Márquez de Hernández, Liliana y Marín Ch. Douglas. 2011. Propagacion y crecimiento de Guadua amplexifolia Presl., G. Angustifolia Kunth y Elytrostachys typica Mc Clure, en tres tipos de sustratos. P.p. 191-198. Fecha de consulta: 14 de Abril de 2013. Disponible

en:[http://www.ucla.edu/ve/bioagro/Rev23\(3\)/6.%20Propagaci%C3%B3n%20y%20crecimiento%20de%20Guadua.pdf](http://www.ucla.edu/ve/bioagro/Rev23(3)/6.%20Propagaci%C3%B3n%20y%20crecimiento%20de%20Guadua.pdf)

70.- Meredith, T.J. 2001. Bamboo for Gardens. Timber Press: p.347. Fecha de consulta: 19 de Abril de 2013.

71.- Mexican Bamboo Association (Asociación Mexicana del Bambú). Sitio Oficial. Fecha de consulta: 27 de Junio de 2013. Disponible en: <http://www.bamboo.org/GeneralInfoPages/MexicanBambooAssn.html>

72.- Morán Urbida, Jorge A. (s/f). *La arquitectura del bambú en América*. Revista electrónica Biobambú. Fecha de consulta: 11 de Julio de 2013.

73.- Morán, Jorge A. PRESERVACIÓN DEL BAMBÚ EN AMÉRICA, MEDIANTE MÉTODOS TRADICIONALES. Ubidi. Red Internacional del Bambú y del Ratán – INBAR, International Network for Bamboo and Rattan, Facultad de Arquitectura y Urbanismo UNIVERSIDAD DE GUAYAQUILECUADOR. Fecha de consulta: 21 de Julio de 2013. Disponible en: http://www.inbar.int/publications/?dlsearch=INBAR_Technical_Report_No25_es#_ftnref1

74.- McClure, F., A. 01 de Agosto de 2006. El Bambú como material para la construcción. Fecha de consulta: 19 de Julio de 2013.

75.- McCure, F.A. The Bamboos: A Fresh Perspective. Harvard University Press, Cambridge, 1966. Soderstrom, T.R., E. Judziewicz y L.G.

76.- McDowell Chenoweth, Clinton Darwin. Transformación primaria del Culmo. Tratamiento físico (curado) en bambusales y corte apropiado sustentable. Conferencia impartida en el 2º Congreso Mexicano del Bambú Puebla, México, 2008. Fecha de consulta: 11 de Julio de 2013.

N

77.- Nicholls, David., Bumgardner, Matthew., Barber, Valerie. Edge-Glued Panels From Alaska Hardwoods: Retail Manager Perspectives. Fecha de consulta 22 de Mayo de 2013. Disponible en: http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw_gtr809.pdf

78.- Norestes.com NEGOCIOS, EL PORTAL DE SINALOA. 25 de julio de 2013. Bambú EN SINALOA, Industrializarán Bambú en Sinaloa. Fecha de consulta: 25 de Julio de 2013. Disponible en: <http://www.noroeste.com.mx/publicaciones.php?id=441311>

79.- Norma DIN 4102, *Reacción al fuego de los materiales para la construcción*. Fecha de consulta 22 de Mayo de 2013. Disponible en: <http://www.kopos.com/es/pozarne-odolne-systemy.php>

O

80.- Obermann, Tim Martin. Y Laude, Ronald. 2003-2004. *Bambú: recurso sostenible para estructuras espaciales*. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Fecha de consulta: 01 de Junio de 2013. Disponible en: <http://bioantu.files.wordpress.com/2012/01/bamboo-estructuras-guadua.pdf>

81.- Ojta, revista electrónica. Fecha de consulta: 14 de Junio de 2013. Disponible en: <http://www.ojta.org/quienes-somos>

82.- Ojta Taller de Arquitectura Alternativa. 2013. Fecha de consulta: 21 de Julio de 2013. Disponible en: <https://www.facebook.com/Grupo.Ojta?fref=ts>

83.- Ordoñez Candelaria, Victor Ruben. 1999. *Perspectivas del bambú para la construcción en México*. Fecha de consulta: 23 de Julio de 2013.

84.- Orosco Calcin, Angelica Dina. Merida 2009. *El bambú como material alternativo en la construcción Arquitectonica*. Fecha de consulta 14 de Julio de 2013. Disponible en: http://tesis.ula.ve/pregrado/tde_busca/archivo.php?codArchivo=2943

P

85.- Peña Muñoz, César. Y Rodriguez, Hugo. *Propuesta de uniones mecánicas para estructuras de guadua*. Santa Fe de Bogotá, 1997. Trabajo de grado(Arquitectura). Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Artes. P 108. Fecha de consulta: 05 de Junio de 2013.

86.- Pereira, mayo 16-17 y 18 de 2002. Seminario - Taller Avances en la investigación sobre Guadua. Fecha de consulta: 29 de Abril de 2013.

87.- Prieto Sánchez, Edwin y Sánchez Pineda, Jorge. *Comportamiento de la guadua angustifolia sometida a flexión*. Trabajo de grado (Ingeniería Civil).Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil.2001. P. 101. Fecha de consulta: 05 de Junio de 2013.

88.-Presente, diario del sureste. “Concluyen con éxito el primer curso del Centro Tecnológico del Bambú”. Fecha de consulta: 14 de junio de 2013. Disponible en: <http://www.diariopresente.com.mx/section/municipios/79760/concluyen-exito-primer-curso-centro-tecnologico-bambu-/>

89.-Pruebas de laboratorio del bambú. Fecha de consulta 23 de Julio de 2013. Disponible en: <http://bricoblog.eu/bambu/>

R

90.-Red Internacional del Bambú y el Ratan. Fecha de Consulta: 1 de Junio de 2013. Disponible en: [http://www.inbar.int/publications/?dlsearch=INBAR Technical Report No25 es# ftnref1](http://www.inbar.int/publications/?dlsearch=INBAR+Technical+Report+No25+es#ftnref1)

91.-Red Mexicana del Bambú. Fecha de Consulta: 12 de Mayo de 2013. Disponible en: <http://sites.google.com/site/redmexicanadelbambu>

92.-Resumen de conferencia impartida en el 2º Congreso Mexicano del Bambú, Puebla, México. Fecha de consulta: 21 de Julio de 2013.

93.-Reyes, Emilio. 29 de Noviembre de 2011. Revista Pase usted. Entrevista con su impulsor en México, Edificios de bambú. Día de consulta: 24 de Julio de 2013. Disponible en: <http://www.chilango.com/ciudad/nota/2011/11/29/edificios-de-bambu>

94.-Rubio Luna, Germán. (2007). *Arte y mañas de la guadua*. Info. Art, Bogotá, Colombia, 2007. Fecha de consulta: 12 de Julio de 2013.

S

95.-Salamanca, Jorge Eduardo. J.E. Austin Associates., Bogotá, Enero de 2002. ESTUDIO DEL MERCADO MUNDIAL DE PISOS DE BAMBÚ, Arlington, Virginia. Corporación CEA, Bogotá, Colombia. Fecha de consulta: 4 de Mayo de 2013. Disponible en: <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/127.pdf>

96.-Sastry, Cherla. 2003. El Bambú y el Desarrollo Humano, Facultad de Forestaría, Universidad de Toronto. Fecha de consulta: 25 de Abril de 2013.

97.-Soderstre y Calderón, C.E., CATALOGO DE LOS BAMBUES NATIVOS DE MEXICO. Fecha de consulta: 10 de Abril de 2013. Disponible en: www.bambumex.org

98.-Soderstrom, T.R. y Calderón, C.E. 1978. The species of Chusquea (Poaceae: Bambusoideae) with Verticillate buds. Brittonia, 30 (2) pp: 154 – 164.)

99.-Stamm, Jörg. 16 de Abril de 2002. Laminados de Guadua. Conferencia en la Universidad Tecnológica de Pereira del 16 abril 2002. Fecha de Consulta: 13 de Mayo de 2013. Disponible en: jstamm@emtel.net.co

100.- Stamm, Jörg. *La evolución de los métodos constructivos en Bambú*. Conferencia impartida en el 2º Congreso Mexicano del Bambú. Puebla, México, 2008. Fecha de consulta: 11 de Julio de 2013.

T

101.- Téllez González, Braulio. (2008). *Construcciones con bambú en la Sierra Nororiental del Estado de Puebla*. Conferencia impartida en el 2º Congreso Mexicano del Bambú. Puebla, México. Fecha de consulta: 12 de Julio de 2013.

102.- Trujillo Cheatel, David. y López Muñoz, Luis Felipe. Diseño de uniones y elementos en estructura de guadua. Fecha de Consulta 28 de Mayo de 2013. E-mail: Referencias: luisfl@yahoo.com, davidtrujilloch@hotmail.com

V

103.-V., Ryan. 2004. Finger or comb joint. Fecha de consulta: 22 de Mayo de 2013. Disponible en: <http://www.technologystudent.com/joints/joints3.htm>

104.- Villegas, Marcelo. (2003). *Guadua: arquitectura y diseño*. Villegas Asociados, S.A., Bogotá Colombia, 2003. Fecha de consulta: 12 de Julio de 2013.

105.-VIVA GUADA 2013. 2do Festival Internacional del Bambú. Bambú, cemento y concreto: una relación de calidad. Fecha de consulta: 17 de Mayo de 2013. Disponible en: <http://vivaguadua2011.wordpress.com/2011/06/15/bambu-cemento-y-concreto-una-relacion-de-calidad/>

106.-Viveros de Bambú en Costa Rica. BAMBUNETUM.COM. Fecha de consulta: 19 de Abril de 2013. Disponible en: <http://www.bambusetum.com/bambu.html>

W

107.-Webmaster. El primer bosque de bambú utilizado para generar biomasa. [El Blog de la Energía Sostenible](http://www.blogenergiasostenible.com/primer-bosque-bambu-generar-biomasa/). Fecha de consulta: 15 de Abril de 2013. Disponible en: <http://www.blogenergiasostenible.com/primer-bosque-bambu-generar-biomasa/>

108.-WORLD BAMBOO. Sitio oficial. Fecha de consulta: 27 de Junio de 2013. Disponible en: <http://worldbamboo.net/about/>

X

109.-XANVIL cultura y ecología. Fecha de consulta: 26 de Abril de 2013. Disponible en: <http://www.xanvil.org/consejo.html>

Z

110.-Zhaohua Zhu., Miembro Vitalicio del INBAR. Traducción Lodoño Ximena. La Industria del Bambú en China. Fecha de consulta: 22 de Julio de 2013.