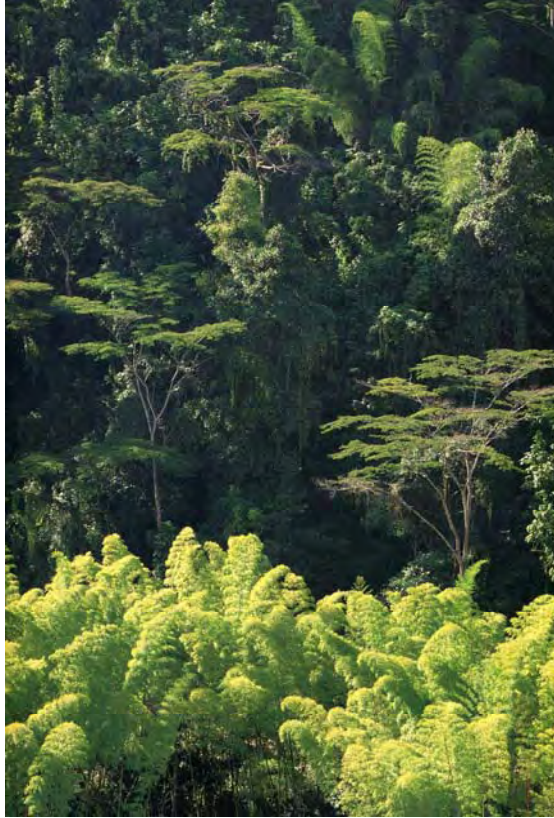


4. LA *GUADUA ANGUSTIFOLIA*

"El Bambú Colombiano"

4. LA *GUADUA ANGUSTIFOLIA* “El Bambú Colombiano”

4.1. *Guadua angustifolia* en Colombia



3. *Cultivo de guadua en Quindío*

Ha sido el Bambú leñoso y nativo más útil para el hombre colombiano. Sin este recurso el desarrollo de nuestra zona cafetera habría sido totalmente diferente. La guadua es una especie forestal representada por esbeltos y modulados tallos que enaltecen el paisaje de los valles interandinos es larga, recta, uniforme en su desarrollo, liviana, hueca, resistente, suave, de rápido crecimiento, de bello color e imperceptiblemente cónica.

Fueron primero los colonizadores y luego nuestros campesinos y maestros de la construcción los encargados de darle a la guadua la importancia que se merece. Su valor depende de la aplicabilidad y del espacio físico donde la misma se utilice.



La guadua en Colombia fue pieza fundamental en el proceso poblacional ocurrido en la región del viejo Caldas, conocido como el periodo de la colonización antioqueña.¹⁹ Contribuyo con sus versátiles propiedades a agilizar el proceso de poblamiento de las comunidades emigrantes que finalmente establecieron en la hoya geográfica del cauca ciudades como Medellín, Pereira, Manizales, Armenia y Cali y que hoy constituyen orgullo para Colombia. La guadua es además un vegetal que desempeña un importante papel como especie protectora en cuencas hidrográficas, pero es también un elemento imprescindible para nuestro desarrollo socio cultural.

La edad apropiada para el corte es entre los dos (2) y los seis (6) años, es la edad promedio de vida del culmo, de esta edad en adelante la planta pierde resistencia. Las rajaduras o aberturas que suceden cuando no se corta en el estado adecuado, o generadas por agujeros o astillas, constituyen otro punto importante a tener en cuenta.

Para ejecutar construcciones adecuadas con guadua, es indispensable conocer y ejecutar correctamente el proceso preliminar de cultivo y obtención del material. Además requiere de un proceso de inmunización, ya que la planta está amenazada por agentes bióticos (plagas), entre los que encontramos roedores, escarabajos y otros insectos.



4. Pruebas de laboratorio medición de un tipo de guadua

¹⁹ Ver en el capítulo 4 de esta tesis, La cultura de la guadua en Colombia.



Existen diversos aspectos de preservación a tener en cuenta por el contenido de almidón y humedad presentes en el bambú:



5. *Grafico de una plántula de guadua angustifolia*

- En la plantación es recomendable colocar culmos cortados y recostados lo más verticalmente posible sobre los culmos circundantes, de manera que se mantengan aislados del suelo.
- El material debe secarse, ya sea al aire libre (colocando los culmos horizontalmente y espaciados, bajo una cubierta ligera), en estufa o cámaras de metal o ladrillo y hormigón (es la forma mas rápida) o a fuego abierto (a una distancia de 40 o 50cm. del suelo, se introducen carbones y/o maderas secas encendidas)
- Por medio de sustancias químicas preservantes, se ayuda a prolongar las estructuras físicas y los componentes del Bambú.

El volumen y el rendimiento del Bambú varían de acuerdo a la especie en particular y a las condiciones en que se encuentre. Existe un volumen anual actual de 1.000.000 de toneladas de producción en todo el mundo.



“Desde su llegada al Quindío los colonos encontraron a porrillo la guadua, especie de bambú gigantesco y la utilizaron para hacer sus casas, sus camas, los instrumentos musicales, la banqueta, la tapia del fogón, el aparador, el tarro de sal, el cedazo, el parapeto para la piedra de moler, los burros típicos para el juego de los, las estacas y talanqueras del potrero, las canoas que conducen el agua limpia desde la acequia, el lavadero, la puerta de trampas, el granero en conclusión la guadua fue y ha sido el único soporte de aquella raza, el símbolo de la civilización en estas tierras, como la porcelana en Asia, la piedra en Europa y el hierro y el cemento en Estados Unidos.”²⁰



6. Cultivo de Guadua en la Zona Cafetera

La *Guadua angustifolia* se encuentra en estado natural en Colombia, Ecuador y Venezuela, en donde forma colonias dominantes conocidas popularmente como “*guadales*” concentrados principalmente en la región andina, entre los 0 y 2000 msnm; se observa principalmente a la orilla de ríos y quebradas, en el pie de monte de la cordillera, en los bosques montanos medio y bajo y en los valles interandinos. La *guadua angustifolia* ha sido introducida a varios países de Centroamérica y del Caribe, e inclusive al Asia, Norteamérica y Europa.

²⁰ Giraldo Herrera Edgar y Sabogal Ospina Aureliano, *LA GUADUA una alternativa sostenible*, publicación de la corporación autónoma regional del Quindío, CRQ. Quindío, Pag. 33.





21

7. Cultivo de guadúa centro nacional del bambú

“En Colombia, los guaduales se desarrollan de manera óptima en la región central de los Andes entre los 500 y 1500 metros, con temperaturas entre 17°C y 26° C, precipitaciones de 1200-2500 mm/año, humedad relativa del 80-90% y suelos aluviales ricos en cenizas volcánicas con fertilidad moderada y buen drenaje”²⁰. La fotografía 7 de esta página corresponde a un ejemplo de un “guadual” tecnificado en Quindío-Armenia

4.1.1. Importancia Ambiental:

La guadua es una planta que aporta múltiples beneficios para el medio ambiente y el hombre, sus productos cuando son empleados como elementos integrales de la construcción de viviendas funcionan como reguladores térmicos y de acústica, el rápido crecimiento de la guadua permite según el “estudio aportes de biomasa aérea realizado en el centro nacional para el estudio del Bambú-Gadua, producir y aportar al suelo entre 2 y 4 ton/ha/año de biomasa, volumen que varía según el grado de intervención del guadual; esta biomasa constituye entre el 10 y el 14% de la totalidad de material vegetal que se genera en un guadual. La biomasa es importante, ya que contribuye a enriquecer y mejorar la textura y estructura del suelo. El aporte anual de biomasa general de un guadual en pleno desarrollo oscila entre 30 y 35 ton/ha/año.”²²

²¹ Villegas Marcelo, *Bambusa Guadua*, colección La cultura del café, Villegas Editores, Abril de 1996, pág.27.

²² Giraldo Herrera Edgar y Sabogal Ospina Aureliano, *LA GUADUA una alternativa sostenible*, publicación de la corporación autónoma regional del Quindío, CRQ. Quindío 1999. Pág.42.





Los rizomas y hojas en descomposición conforman en el suelo símiles de esponjas, evitando que el agua fluya de manera rápida continua, con lo cual se propicia la regulación de los caudales y la protección del suelo a la erosión. El sistema entrelazado de rizomas y raicillas origina una malla, que les permite comportarse como eficientes muros biológicos de contención que controlan la socavación lateral y amarran fuertemente el suelo, previniendo la erosión y haciendo de la guadua una especie con función protectora, especial para ser usada en suelos de ladera de cuencas hidrográficas.

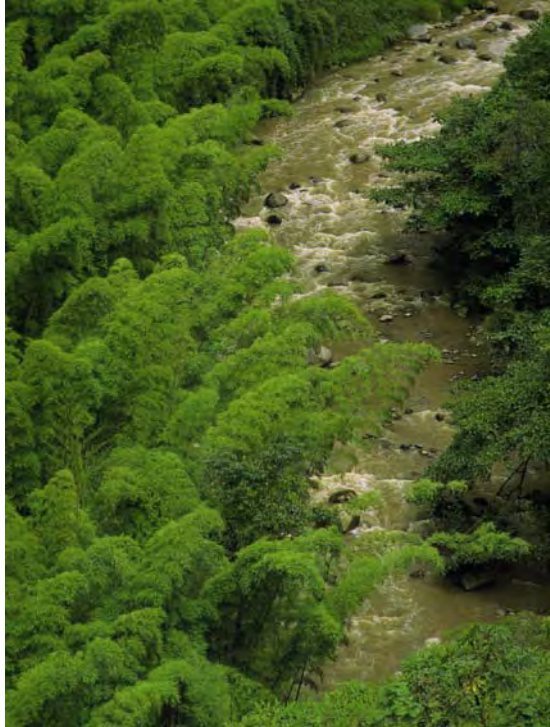
8. *Aporte de biomasa de la guadua al suelo*

El agua proveniente de la lluvia que cae sobre el guadua, permanece mucho tiempo en él, toma diversos caminos y tarda más tiempo en caer al suelo, dando como resultado la “regulación de caudales,” ya que si la misma cantidad de agua se precipitara sin obstáculos ocasionaría crecidas súbitas y no se formarían reservas que son empeladas dentro del sistema cuando se requiere, especialmente en épocas de verano. Adicionalmente el dosel o bóveda que se conforma por el follaje en riveras de fuentes de agua impiden las pérdidas por altas y rápidas tasas de evaporación (súbita) contribuyendo así a la mencionada regulación.

Entre los aportes más valiosos de la especie se debe mencionar su comportamiento como una bomba de almacenamiento de agua, cuyo funcionamiento es el principio de “vasos comunicantes” donde en épocas húmedas absorbe importantes



volúmenes de agua que almacena tanto en su sistema rizomático como en el tallo, se ha determinado, según estudios realizados en la hacienda Nápoles, municipio de Montenegro (Sabogal 1983) y en el Centro Nacional para el estudio del bambú-guadua (Giraldo, 1996) que una hectárea de guadua puede almacenar 30.375 litros de agua, es decir, el agua para 150 personas por día (se asume un consumo promedio de 200 litros/día/persona). En época de verano cuando se percibe la necesidad de agua en el suelo, la que se encuentra almacenada en la planta es aportada de manera paulatina al suelo (esponja que suelta líquido).



9. *La guadua está estrechamente ligada a las fuentes de agua*

Los guaduales cumplen en la zona cafetera colombiana papel relevante puesto que han propiciado la existencia y sostenibilidad de flora, microflora, entomofauna, mamíferos, aves, reptiles y anfibios. Se resalta que en estos nichos ecológicos o comunidades es la especie dominante y a ella se asocia vegetación muy variada y numerosa que le permite conformar una estructura vertical triestratofítica, característica de las sociedades vegetales altamente desarrolladas y evolucionadas que tolera una amplia interrelación entre los diferentes componentes del sistema.



4.1.2. Importancia Socio-Cultural

Desde épocas prehispánicas la guadua es el Bambú mas ligado a la cultura del nuevo mundo. En la zona central de Colombia se han encontrado vestigios de esta especie en excavaciones arqueológicas de asentamientos indígenas. Su existencia ha generado leyendas míticas en las que se dice

“Después del diluvio había quedado únicamente un hombre a quien el amo del cielo dio una guadua, que de la noche a la mañana convirtió en su mujer y compañera.”²³

La guadua es un elemento simbólico que recoge referentes de un pasado cargado de gesta en el que se acuñaron los mas destacados caracteres de la vida regional, hoy necesarios de rescatar. De la relación del hombre con su entorno (relación sociedad-naturaleza), mediante trabajo o la simple conservación, resultan “sentidos” afectivos o emotivos. Las comunidades incorporan como parte de suya los objetos sobre los cuales actúan; luego de la acción, los individuos pueden reconocerse en el objeto; es cuando se originan los afectos y la cultura. Es así como las viviendas que inicialmente se construyeron en guadua han recogido en su estructura y espacio muchos esfuerzos, sueños, anhelos y constituyen el referente inicial de la vida espiritual. Es por lo anterior que la guadua no se puede excluir fácilmente del paisaje, de la cotidianidad y de la memoria histórica de los pueblos.

La manera como la guadua ha penetrado directa e indirectamente en casi todos los ámbitos de la vida regional, amerita atención y tratamiento adecuado para garantizar su permanencia a largo plazo. Por ser la guadua una planta perenne, de alto rendimiento de madera por hectárea, por alcanzar su madurez en tiempo relativamente corto, por su longitud, trabajo y buena durabilidad esta especie se ha convertido en un Bambú importante para la comunidad. Las condiciones favorables de sus propiedades físico-mecánicas, hacen que los tallos tengan muchos usos, a tal punto que los habitantes de la zona andina colombiana la utilizan en vivienda, utensilios de cocina, instrumentos musicales, puentes, canaletas, acueductos, horcones, lo que demuestra como llevan a la guadua a la cotidianidad.

²³ Giraldo Herrera Edgar y Sabogal Ospina Aureliano, *LA GUADUA una alternativa sostenible*, publicación de la corporación autónoma regional del Quindío, CRQ. Quindío, pág. 21.





10. Raíz de guadua en el centro nacional para el estudio del bambú (foto del autor)

Los cultivadores, aprovechadores y comerciantes de la guadua constituyen el grupo social denominado “*guadueros*” que generalmente conforman comunidades de estratos medios, con bajo nivel de escolaridad, pero con gran arraigo y familiaridad con el agro, el campo y la guadua, el manejo y aprovechamiento de la guadua requiere de obreros de buena condición física, ya que en esta actividad se deben realizar grandes esfuerzos, especialmente cuando de corte, troceo, cargue y transporte se trate. La cultura del guadero ha sido heredada de sus antepasados, lo que hace de este un gremio muy particular, exclusivo y cerrado.

4.1.3. Importancia Económica

En Colombia la guadua es la especie forestal nativa con mayores posibilidades económicas, ya que su utilización en la construcción y la industria, permiten reducir costos, cuando es empleada como materia prima. Por sus excelentes propiedades físico-mecánicas, por su resistencia al ataque de insectos, por su belleza escénica y tal vez, por lo más importante la diversidad de aplicaciones no igualadas por ninguna especie



forestal, representa una alternativa económica que ha coadyuvado a mitigar la problemática social en el campo.

Los guaduales viven y se desarrollan asociados a áreas de gran potencial agrícola, es decir, suelos ricos, jóvenes y de buena capacidad productiva, constituyendo además una especie de importancia en la economía del finquero, toda vez que la inversión en el mantenimiento y manejo anual representa apenas entre el 25 y 30 % de las ganancias que se logran al cosechar el guadual. Por esto se cultiva y resiembra con esmero, aunque no con intensidad.

“Desaparecida del campo esta joya este precioso elemento que todo lo suple estaremos perdidos, seremos pobres.”²⁴

En Colombia aproximadamente 100.000 personas derivan su sustento del aprovechamiento manejo y comercialización de la Guadua, de donde obtienen hasta \$400 dólares mensuales, con un ritmo de trabajo de 4 días laborales en la semana. El Bambú-guadua además de ser materia prima de los pobres, de uso local y bajo costo, debe convertirse en fuente de industrialización con reconocimiento internacional, tal como se presento en el acto de inauguración del V congreso internacional de Bambú realizado en San José de Costa Rica.

4.1.4. Los Guaduales Comunidades Dinámicas Altamente Especializadas

En la zona andina colombiana, la Guadua esta localizada en áreas estratégicas de la cuencas hidrográficas, donde cumple un elevado papel en la dinámica sucesional que le permite perpetuarse en el ecosistema, no obstante, por la gran actividad evolutiva de la especie, la mayoría de los guaduales pueden encontrarse muy densos de tallos por falta de manejo o muy intervenidos debido al aprovechamiento no técnico, que afecta la acción reguladora y el efecto de equilibrio biológico (Giraldo, Sabogal, 1996).

²⁴ Giraldo Herrera Edgar y Sabogal Ospina Aureliano, *LA GUADUA una alternativa sostenible*, publicación de la corporación autónoma regional del Quindío, CRQ. Quindío 1999. pág. 28.



Comunidades vegetales como las de la Guadua deben manejarse técnicamente para obtener de ellas su mayor productividad y lograr que sean especializadas en la regulación de caudales y en el aporte de cantidades significativas de biomasa en tiempo muy corto. El manejo se fundamenta en bases biológicas, ecológicas y estructurales con lo cual se logra su sostenibilidad en el tiempo y el espacio.



11. *Cultivo de Guadua en Quindío*

Para que el guadual se considere bien manejado es necesario que cumpla tres condiciones fundamentales: sostenibilidad, máxima productividad y rentabilidad

4.1.4.1. La Sostenibilidad

Implica que las actividades productivas del suelo y del vuelo forestal sean aprovechadas ininterrumpidamente, sin causar la menor alteración al ecosistema como tal. Esta condición se cumple fácilmente en los bosques de guadua, los cuales se regeneran por partes vegetativas, constituyentes de sus rizomas y semillas, elementos que se consideran básicos para su multiplicación.





12. *Cultivo tecnificado de guadua en el centro nacional del bambú*

4.1.4.2. La máxima productividad

Esta sujeta a la capacidad productiva del sitio, a las leyes biológicas naturales de la planta y las condiciones ecológicas y estructurales que gobiernan el desarrollo de la guadua como ser vivo. De lo anterior se concluye que la actividad de manejo silvicultural se encuentra supeditada al aprovechamiento, acción que procura crear y mejorar las condiciones biológicas del guadua a niveles óptimos, lo cual se logra cuando la intervención forestal se realiza de manera oportuna y periódica para regular el espacio vital de los individuos y para favorecer la mayor aparición de elementos jóvenes (renuevos). Cuando el aprovechamiento se efectúa en forma no adecuada e inoportuna ocurre degradación por exceso o carencia de individuos maduros y la consiguiente disminución de la actividad biológica que se caracteriza por la menor emergencia de renuevos que son los que garantizan la perpetuidad del guadua.²⁵

²⁵ Giraldo Herrera Edgar y Sabogal Ospina Aureliano, *LA GUADUA una alternativa sostenible*, publicación de la corporación autónoma regional del Quindío, CRQ. Quindío.



4.1.4.3. La Rentabilidad

Exige que la emisión de nuevos individuos ocurra de manera periódica, en cantidad estable y en lapsos similares. Es evidente que para cumplir con esta condición se hace necesaria la aplicación de prácticas silviculturales como la entresaca selectiva que garantiza la eficaz y oportuna sustitución de las cañas o guaduas cortadas.

4.2. Condiciones y Distribución Geográfica

Por su ubicación sobre las faldas de las cordilleras occidental y central y el valle de varios ríos posee todos los pisos térmicos, lo cual propicia el crecimiento de gran diversidad de especies.

En Colombia, la guadua es un elemento muy característico del paisaje y constituye la base constructiva del eje cafetero, en particular. Esta región, tiene una extensión de 13.346 km² y una población aproximada de 1.600.000 habitantes



13. *Región del Viejo Caldas en Colombia*

Su aplicación y extensión durante la colonización antioqueña fue fundamental por



su fácil adaptación a la geografía y las propiedades sismorresistentes que posee para responder a esta determinante del lugar.

Particularmente la guadua, ha sobrevivido la sustitución de especies nativas para la implantación del monocultivo de café. Crece en suelos fértiles y sueltos entre los 500 y 1500 metros, con temperaturas entre 17°C y 26°C, precipitaciones de 1200-2500mm/año, 0 y 1700 metros sobre el nivel del mar.



14. Culmo de guadua recién cortado

En la actualidad, es objeto de una devastadora explotación lo que podría llevar a su extinción. Por esta razón se adelantan programas de reforestación y cultivo en invernadero promovidos por la Universidad de Manizales.

“Los estudios y evaluaciones que se han hecho sobre los usos espontáneos y tradicionales de la guadua en Colombia durante este siglo, han sido no solo unánimes sino admirativos sobre los beneficios y las bondades que esta “madera” ha puesto al servicio del ingenio y del carácter recursivo del hombre colombiano, que sin ayuda técnica de ninguna clase encontró soluciones a problemas de construcción que hoy son aplaudidas por arquitectos, constructores y urbanistas.”²⁶

²⁶ Villegas Marcelo, *Bambusa Guadua*, colección La cultura del café, Villegas Editores, Abril de 1996, pág.22.





15. *Cultivo de Guadua Montenegro-Quindío*

Entre los 3 y 6 años de crecimiento, alcanza su máxima resistencia, en general llega a estas dimensiones promedio:

- Altura entre 18 y 30 mts.
- Diámetros entre 8 y 18 cm.
- Espesores entre 2 y 2.5 cm. en el medio y de 1,5 hacia los extremos.
- Distancia entrenudos de 7 a 10 cm. en la base y de 25 a 35 cm. en el medio.



16. *Plano de zonas aptas para el cultivo de bambú en el mundo*

El bambú crece en regiones intertropicales, especialmente en las zonas que se indican en el gráfico N° 16 de esta página.



4.3. Características Generales de la Planta

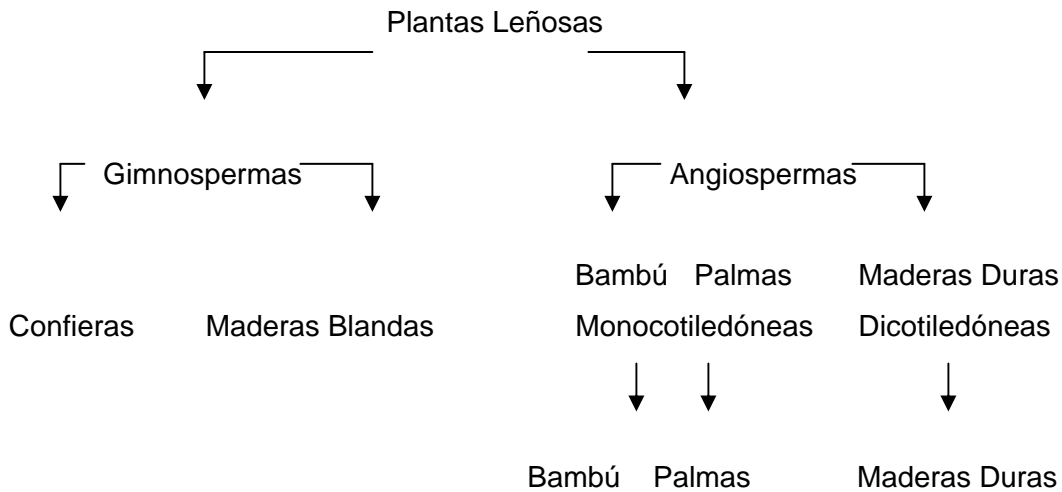
El bambú es una planta gramínea, botánicamente se clasifica en los Cormofitos, dentro de la subdivisión de los espermatofitinos (Fanerógamas):

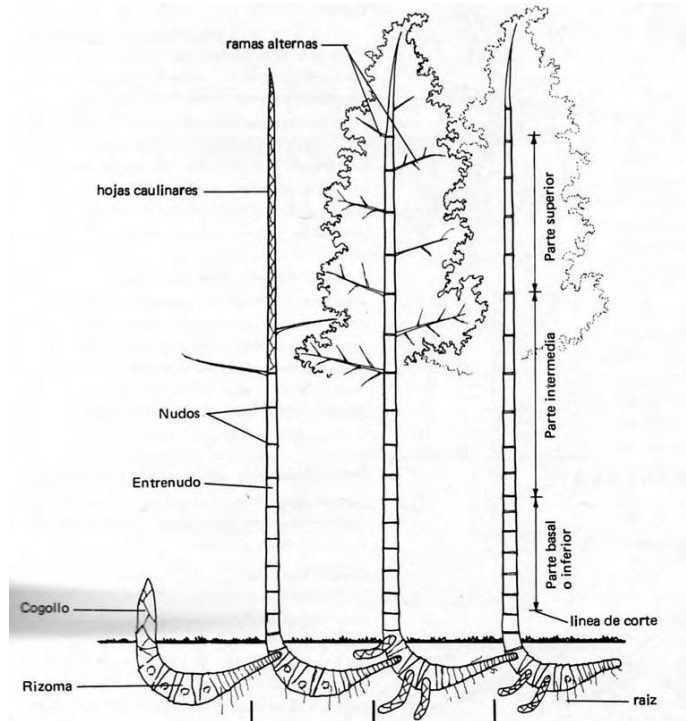
Clase : Angiospermas
 Subclase : Monocotiledóneas
 Orden : Glumiflorales
 Familia : Gramineales
 Subfamilia : Bambusoideae
 Tribu : Bambusae o Poaceae

Dentro de la subfamilia Bambusoideae existen aproximadamente 90 géneros en los que se clasifican las 1250 especies que se conocen dentro de cinco (5) tribus:

Anomochloae
 Olyreae
 Buerge
 Siochioeae,
 Sreptochactaeae
 Bambusae.

La especie bambusea es la más utilizada en la Industria de la construcción, dentro de la que se encuentra la *Guadua angustifolia* como la especie de mayor aplicación en Colombia. Las Gramíneas Bambusoides, morfológicamente se encuentran en el grupo de las plantas leñosas que se clasifican así:





17. Conformación de un culmo de guadua

4.3.1. Propiedades Físico-Mecánicas

Una característica de todo producto de la naturaleza es su variabilidad; la guadua como tal es buen ejemplo de ello. No existen dos pedazos de guadua iguales, aun siendo parte del mismo tallo o caña. Se presentan condiciones del ambiente como son el suelo y el clima que afectan la tasa de crecimiento, así como la estructura, la forma y las propiedades de resistencia. Se pueden mencionar otros ejemplos que son fuentes de variación en las propiedades de la guadua como la presencia o ausencia de luz y las labores silviculturales en el guadua como la poda de ramas. Se puede concluir entonces, que la guadua es un material bastante heterogéneo en su constitución interna, producto del medio ambiente donde se desarrolle.

En el diseño de una construcción el arquitecto o ingeniero debe garantizar seguridad, calidad, economía y durabilidad, aplicando su conocimiento científico y tecnológico. En el campo de la construcción, el comportamiento de los elementos estructurales tiene una fuerte relación frente a los diferentes esfuerzos a que se ven sometidos.



La durabilidad de toda construcción se garantiza en la medida en que se dominen los conceptos teóricos que se requieren para el análisis estructural y del buen conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, en este caso de la guadua. Entre los factores que influyen en la calidad de la guadua están las propiedades físicas; la gravedad o peso específico es buen indicativo por su estrecha relación con la resistencia mecánica, la contracción, el secado, el trabajo y otros muchos usos (Hughes, 1979).

- **Propiedades Físicas y Mecánicas:**

La guadua es considerada como un material liviano, de fácil y económico desarrollo en muchas regiones de la geografía colombiana, por lo cual debe ser utilizada adecuadamente a partir de parámetros de diseño apoyados en sus particulares propiedades físicas y mecánicas, de procesos de preservación si fuese necesario.

“Las propiedades físico-mecánicas de la guadua son la expresión de su comportamiento bajo la acción de fuerzas externas; este comportamiento depende de la clase de fuerza aplicada y de la estructura de la misma. En general, estas propiedades son las que determinan la aptitud de la madera para propósitos de construcción y para innumerables usos como artesanías, entre otros.”²⁷

Como punto de partida para el conocimiento de las propiedades físico-mecánicas de esta especie vegetal se realizan pruebas en las que se toman las condiciones de ensayo de las normas colombianas sobre maderas establecidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC y las normas de la American Society for Testing and Materials ASTM.

A continuación presentamos algunos valores de resistencia calculados para la Guadua, que nos permitirán conocer su comportamiento a los diferentes esfuerzos, los valores establecen la comparación con otros tipos de madera.

²⁷ Giraldo Herrera Edgar y Sabogal Ospina Aureliano, *LA GUADUA una alternativa sostenible*, publicación de la corporación autónoma regional del Quindío, CRQ. Quindío. Pág. 147.



Unidades en kg/cm ²	Módulo de elasticidad a tracción	Módulo de elasticidad a compresión	Módulo de elasticidad a flexión
MATERIAL			
Guadua	190.000	184.000	179.000
Otras maderas	Entre 90.000 y 180.000	Entre 96.000 y 169.000	Entre 108.000 y 128.000

En el caso del bambú, las propiedades mecánicas dependen de las características físicas del material que en particular sea utilizado construcción y no corresponden a valores absolutos o comparables con otras muestras, ya que las condiciones varían notablemente. Estos gráficos corresponden sólo a un esquema comparativo general ya que casi siempre, para un mismo material sus resistencias pueden variar.

Unidades en kg/cm ²	Resistencia a Tracción	Resistencia a Compresión		Resistencia a Flexión
		Perpendicular a la fibra	Paralelo a la fibra	
MATERIAL				
Guadua	430	560	650	740
Aliso	108	68	357	460
Arboloco	Entre 500 y 1500	132	405	390
Otras maderas	1.000	Entre 50 y 144	400	Entre 500 y 720

“Por la esbeltez, durante su crecimiento es sometido a fuertes cargas de viento. Los tabiques de entrenado producen rigidez y elasticidad, evitan su ruptura al curvarse (característica apropiada para construcciones sismorresistentes). Su crecimiento cónico constituye una desventaja, ya que se obtienen secciones de diámetros variables, pero a través de un proceso de cultivo de invernadero es posible obtener grosores secuencialmente que logren facilitar la resolución de uniones la bambusa guadua es abundante en el eje cafetero colombiano, su rápido crecimiento constituye una de sus principales ventajas. Es un material económico muy resistente a los esfuerzos de compresión, tracción y flexión.”²⁸

Ahora estableceremos algunas definiciones de tipo técnico, en relación con la resistencia del material, cuando esta sometida a diferentes esfuerzos dentro de una construcción, referidos en al anterior cuadro:

- **Esfuerzo:**

Es una fuerza expresada con base en la unidad medida de área.

²⁸Banda, Mabely y Salas, Eduardo, “El sistema constructivo del Pabellón Zeri” asignatura reflexión, crítica y propuestas sobre las técnicas constructivas, universidad politécnica de Cataluña UPC, 2001. Pág.29.



- **Resistencia a Compresión:**

Se presenta cuando la fuerza actúa acortando una dimensión o reduciendo el Volumen del cuerpo en cuestión; se define como la fuerza total de compresión dividida por el área de la sección transversal de la pieza sometida al esfuerzo. La compresión paralela a la fibra o al grano, esta implicada en muchos usos de la guadua, en columnas, postes, puntales para minas y todos aquellos casos donde la madera esta sometida a cargas. Del ensayo de compresión perpendicular se obtienen datos para el calculo de esfuerzo de las fibras al limite proporcional (EFLP), que es el esfuerzo máximo en compresión que la madera puede soportar sin deformarse, máxima resistencia a la compresión y el modulo de la elasticidad.



18. Resistencia de la guadua a compresión

- **Resistencia a Flexión y Tracción:**

En el uso de la guadua para la construcción, la resistencia de la flexión es la propiedad más importante. Entre la compresión paralela, la tracción paralela y la flexión existen las siguientes relaciones: la resistencia a la flexión es alrededor del 75% mayor que la resistencia a la compresión. La flexión se presenta en partes estructurales denominadas vigas, las cuales pueden ser simples, empotradas y viga continua.





19. *Resistencia de la guadua a flexión*

4.4. Proceso de Cultivo

El establecimiento y desarrollo de una planta de guadua obedece a la germinación de su semilla (sexual) o la propagación utilizando algunas de las partes de la planta (asexual).



20. *Aerofotografía de Cultivo tecnificado de guadua*

Cuando ocurre la reproducción de la planta por semilla, se presentan características muy definidas y particulares con relación a su crecimiento; una vez la



semilla germina da origen a una plántula débil en sus primeros estados y requiere mínimo de 4 meses para que se fortalezca su sistema de raíces (muy fibrosa) y comience la emisión de renuevos producto de la multiplicación asexual, normalmente esta plántula en 4 meses emite cerca de 4 a 5 talluelos con hojas debidamente diferenciadas.

La planta con el transcurrir del tiempo origina cada vez nuevos rebrotes que van evolucionando en diámetro y altura a tal punto que dependiendo del tipo de suelo y de las condiciones climáticas logra entre 10 y 13cm de altura en 30 días y diámetros que se incrementan a un promedio de 0.10mm mensuales; al finalizar el primer año tiene un promedio de 12-14 rebrotes con vida productiva de 3-4 meses al cabo de los cuales se secan de arriba hacia abajo para dar paso a nuevos rebrotes con que adquieren mayor altura y salen con diámetro mayores. En condiciones normales en las primeras fases de desarrollo, siempre los nuevos hijos (renuevos) poseen mayor tamaño de rizoma, diámetro y altura, con relación a la planta que los generó. A partir del tercer año de sembrada la planta original, se logra tener entre 18-20 rebrotes, alturas que oscilan entre los 5 y 7 metros y diámetros de 4-6cm; época en la cual se deben realizar los primeros tratamientos silviculturales para evitar exceso de tallos.



21. *Savia que sale de la guadua verde o “viche”*

Entre los 3 y 6 años la planta de guadua entra en una etapa de desarrollo vertiginoso, adquiere alturas entre 12 a 15 metros, incremento de los diámetros entre 9 y



11cm y disminución en el número de renovos siendo estos de 12-14; A partir de esta etapa la planta estabiliza su desarrollo evolutivo, estandarizando patrones como altura promedio de 15 a 18m, diámetros entre 10-12cm y promedio/Ha de 4000 a 4500 individuos diferenciados de manera clara de acuerdo a la edad de desarrollo así: Renovos, guaduas viches (jóvenes), guaduas hecha (madura) y guaduas secas (las que culminan su ciclo). En esta etapa el gradual se considera desarrollado en cuanto a producción de individuos debidamente formados en diámetro y altura.

- **Características de los individuos componentes del gradual**

Un gradual ideal es aquel que se regenera o multiplica bajo los criterios de la sostenibilidad, máxima productividad y la rentabilidad equilibrada, debe contener en su estructura horizontal como mínimo entre el 65 y 70% de guaduas maduras, 20-25 de guaduas viches, del 5 al 10% de renovos y entre el 2 y el 5% de guadua secas.

- **Renuevo**

Se considera el primer individuo de la fase de desarrollo, caracterizado porque independiente del sistema de multiplicación del cual provenga, (reproducción o propagación) este siempre emerge con su diámetro definido, debido a que no posee células de cambium o procambium que diferencian sus tejidos hacia fuera, haciéndolo engrosar; durante los primeros 30 días el crecimiento alcanza tasas de 4 a 6cm en 24 horas y el 60% de este, se realiza en horas nocturnas, condición que obedece a la presencia de auxinas. Después de los 90 cm de altura el renuevo se estabiliza en un promedio de 9 a 11cm de crecimiento en 24 horas; esta recubierto totalmente de hojas caulinares que varían según el sitio y las condiciones climáticas donde se desarrolla el renuevo, en el oriente del País y en la altiplanicie cundiboyacence los renovos reciben el nombre de bobo.

Una vez formado el rizoma y adquirida la característica de tipo paquimorfo es decir con cuellos cortos y altamente entrelazados (crecimiento plagiotropico) se inicia la fase de renuevo, cuando la parte apical del rizoma emerge (crecimiento ortotropico) se presenta la iniciación del culmo o tallo aéreo con su diámetro definido.



El crecimiento longitudinal de los tallos empieza a manifestarse por la elongación completa y sucesiva de los entrenudos comenzando por el inferior y finalizando por el más apical. Solo se inicia la formación de un nuevo entrenudo, cuando el inmediatamente anterior esta definido.

En términos generales en la fase de renuevo o rebrote, desde que emerge del suelo hasta que llega a su máxima altura, tarda entre 150 y 190 días (6 meses), variabilidad que depende de las condiciones de distribución de las lluvias y de la temperatura; posteriormente el tallo detiene su crecimiento, comienza el desprendimiento de las hojas caulinares y da paso a la formación de ramas basales y apicales, por activación de las yemas nodales.

En la fase de rebrote normalmente hay ausencia de ramas basales y apicales, presencia de hojas caulinares que bordean o recubren los nudos de manera superpuesta y localizadas desde la parte basal a la apical; en esta fase la resistencia del tallo es mínima.

El renuevo de guadua no mayor a 45 días de haber emergido, contiene en promedio por cada 100g los componentes químicos que se relacionan en el cuadro No 13.

- **Guadua Joven “ Viche”**

Esta fase se inicia cuando las hojas caulinares de la parte apical del culmo comienzan a desprenderse, una a una dándole paso a las ramas primarias, que a su vez están cubiertas por hojas caulinares pequeñas, que en forma similar comienzan a caer para dar salida a las ramas secundarias.

Caracterizada por tener entrenudos de coloración verde intenso y lustroso, nudos con bandas nodales de color blanquecino, anchos de 2 a 3cm pubescencia de color café claro visibles en la parte superior del nudo o banda nodal, donde se encuentran además las yemas nodales sobresalientes que pueden o no activarse y dar origen a ramas inferiores o superiores. Los entrenudos son limpios e inicialmente blandos por carecer de lignificación completa, las paredes presentan grosor que varía de acuerdo a biotipo entre



1 y 2.5cm, en este estado la guadua está cargada de humedad, siendo visible su conformación fibrosa.²⁹



22. *Características típicas de la guadua Joven*

En un guadual natural el individuo joven o viche tiene una transitoriedad de 6 a 24 meses y no ha logrado el grado de resistencia ideal para ser utilizado debido al alto contenido de humedad. Su cubierta externa o cutícula no se ha lignificado completamente; la parte inferior del tallo generalmente presenta coloración amarillenta.

- **Guadua Madura “Hecha”**

Caracterizada por la desaparición en el tallo, del lustre del entrenudo, coloración mas clara y se hace evidente la aparición de manchas de hongos color gris-claro, de forma redondeada a oblonga, con diámetros de hasta 3 cm; cuando la ha adquirido la configuración enunciada se puede decir que es apta para ser aprovechada ya que el tallo esta en el optimo grado de resistencia y normalmente tiene edad superior a los dos y medio años.

Es la única fase apta para el aprovechamiento de los tallos; comúnmente se les llama “*Hecha* o *gecha*.” Por la evolución intrínseca del guadual, este tipo de tallo se encuentra en mayor proporción en el interior y menor en su periferia.

²⁹ Giraldo Herrera Edgar y Sabogal Ospina Aureliano, *LA GUADUA una alternativa sostenible*, publicación de la corporación autónoma regional del Quindío, CRQ. Quindío 1999. Pág.47.





23. *Guadua Madura "hecha"*

- **Guadua Sobremadura**

Los hongos y líquenes comienzan a desaparecer del tallo, hasta cuando empieza a observarse hongos en forma de plaquetas alargadas y de color rojizo. En este momento se inicia la decoloración y el tallo se va tornando amarillento, indicativo del inicio de la finalización del ciclo vegetativo.



24. *Guadua sobre madura*



- **Guadua Seca**

Las guaduas adultas no aprovechadas están completamente degradadas, debido a la pérdida de humedad y por consiguiente escasa o nula actividad fisiológica, el tallo se torna amarillento, presenta manchas rojizas en toda su longitud y disminuye hasta el 80% de la resistencia. En esta fase los tallos se hacen propicios para ser refugio o lugar de animación de aves como los carpinteros (*Melanerpes* sp), que construyen orificios circulares en los entrenudos de la parte superior y emplea dicha para ovopositar.



25. *Guadua seca*

El follaje se torna amarillento y hay defoliación de las ramas, es la fase final de los tallos y sus posibilidades de sostenibilidad o perpetuidad se acaban; termina el ciclo de vida y es conveniente retirarlas del guadual; su único uso es como leña o carbón. En el anexo B se ilustra la secuencia sucesional y la interrelación entre las fases del desarrollo (sostenible).

4.5. Condiciones Ambientales Para el Desarrollo de la Guadua:

4.5.1. Suelos

La guadua posee amplio rango de distribución geográfica lo cual indica su gran adaptabilidad, hecho que esta determinado por las condiciones edafoclimáticas;



observaciones técnicas demuestran que el buen desarrollo de la planta esta gobernada de manera directa por la calidad de sitio donde se desarrolle, la precipitación y la temperatura.

Los suelos propicios para su plantación son los evolucionados a partir de cenizas volcánicas. El horizonte A es profundo de colores oscuros y textura franco-arenosa que descansa sobre un horizonte C de textura arenosa-franca y color pardo amarillento, son profundos, bien drenados, de fertilidad natural baja a moderada, reacción fuerte a moderadamente ácida. Otros suelos en menos proporción pueden presentar texturas areno-limosas o franco limosas; suelos pesados o arcillosos no son buenos para el desarrollo de la planta. En resumen, suelos ricos en materia orgánica, con buenos drenajes, húmedos pero no inundables, es donde mejor se comporta la guadua. La guadua requiere suelos con profundidad efectiva desde moderadamente profunda hasta muy profundos. El perfil del suelo ideal es el que presenta texturas gruesas y medias, con apariencia textura liviana a mediano.

4.5.1.1. Características físicas

Las propiedades físicas del suelo permiten determinar aspectos relacionados con su uso y manejo, la susceptibilidad a al erosión, el movimiento y distribución del agua y del aire y la facilidad o dificultad para la labranza.

- **Densidad aparente**

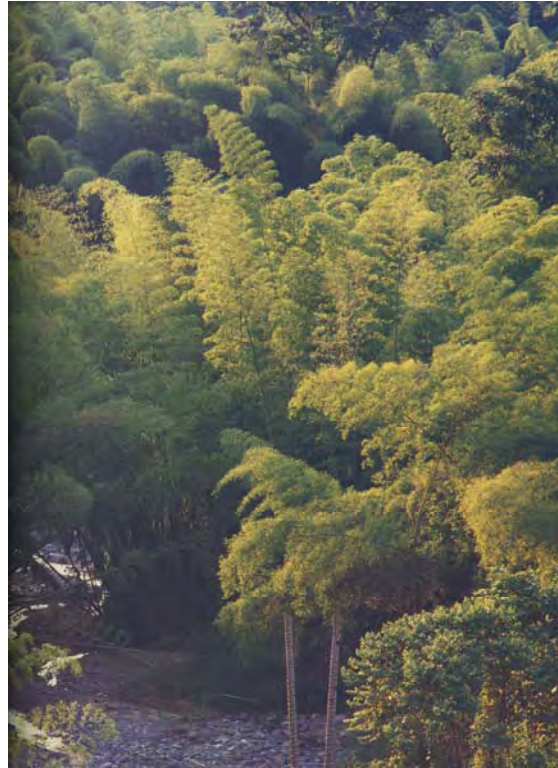
Es una variable importante para evaluar el grado de compactación de los suelos. Evaluaciones realizadas a varios agro ecosistemas, en los que se incluyeron los del guadua, el suelo mostró niveles bajos de compactación (0.69 gr/cc). En promedio un agro sistema productivo tiene entre 0.98 y 1.05gr/cc. La densidad aparente disminuye significativamente en aquellos sistemas donde los contenidos de la materia orgánica son altos y las densidades reales de los materiales que conforman la matriz del suelo son bajas.

- **Resistencia a la penetración**

Indica el grado de compactación en los sistemas edáficos; cuanto mayor sea la resistencia que opone el medio físico al penetrómetro, el suelo es más compacto. Los suelos del guadua presentan mas bajos de resistencia a la penetración, entre los 10 y



20cm de profundidad (1.36kg/cm²); los suelos menos compactados tienen más espacios porosos para retener mayor volumen de agua y realizar los intercambios gaseosos (más aireación), facilitan la conductividad del agua y proporcionan mejor ambiente para el desarrollo de los microorganismos. Los suelos ricos en materia orgánica como los ocupados por guaduales son menos susceptibles a la compactación.



26. *El medio ambiente condición indispensable*

- **Porosidad**

Es el volumen de espacios vacíos del suelo, expresado como porcentaje. Los suelos ocupados por guaduales son suelos muy porosos, con niveles que alcanzan el 70,72%; en sistemas altamente productivos como los dedicados a la ceba intensiva en ganadería, poseen porosidades entre el 56.33% y el 57.72%, a medida que es mayor la porosidad se mejora notoriamente la retención de la humedad, la percolación en el suelo, la actividad de los microorganismos y se reduce la compactación.

- **Distribución de agregados**

En términos estructurales, las partículas elementales del suelo (arena, limo, arcilla) se unen para formar agregados individuales, con propiedades diferentes a las de una masa igual de partículas. Los análisis de distribución o clasificación de agregados de



acuerdo al tamaño, muestran que las partículas estructurales del suelo de un guadual catalogan como muy finas con un diámetro medio ponderado (DMP) de 3,63mm.

- **Estabilidad de Agregados**

Hace referencia la capacidad que tienen los granos de conservar su tamaño cuando se humedecen y de permitir al paso de agua y la entrada de aire a través del suelo. La medida para determinar la estabilidad de agregados es el diámetro medio ponderado resultante del método de Yoder.

Los suelos del guadual poseen un diámetro de 3.03Mm razón por la cual se clasifican como los ambientes con mayor estabilidad estructural. Los mayores contenidos de materia orgánica guardan proporción con la estabilidad estructural de los suelos; por lo anterior se podría esperar que los suelos con niveles más altos de materia orgánica desarrollen agregados de mayor tamaño y, por consiguiente, con mejores características.

- **Textura**

El análisis de textura cuantifica la proporción relativa de las partículas del suelo en términos de porcentaje. Los guaduales se caracterizan por tener altos contenidos de arena en comparación con limos y arcilla (63,11% 19,03% y 17,84 % respectivamente). En lo que tiene que ver con los compuestos cementales orgánicos, es necesario mencionar que el efecto agregante de la materia orgánica se hace mayor a medida que decrece el contenido de arcilla, además promueve la agregación y ayuda para estabilizar la estructura del suelo.

- **Estructura**

En términos generales la estructura que muestran los suelos considerados aptos para la guadua se presenta en bloques sub-angulares, media y moderada, consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa, característica que se observa en los primeros 15cm del horizonte. Hasta los 73cm la estructura es de bloques sub-angulares media y fina; consistencia e húmedo friable, en mojado, ligeramente pegajosa y plástica. De los 73cm en adelante no se encuentra estructuras definidas, grano suelto.



- **Contenido de Humedad**

El agro sistema de guadua se caracteriza por tener los mayores contenidos de humedad (34,88%); porcentaje que se considera alto si se compara con un cultivo de cítricos que es del 19,71%. Los guaduales con mayor densidad aparente y real son los que poseen suelos con mayor volumen de poros y por consiguiente pueden retener mas humedad, así mismo el contenido de la materia orgánica y residuos vegetales juegan un papel importante en la economía hídrica, ya que cumplen con la función de servir como colchón o esponja absorbente. Esta actividad mejora también de manera ostensible la actividad microbiana y reduce la penetración facilitando el desarrollo radical.

- **Conductividad hidráulica**

Se define como la velocidad de filtración de fluidos en medios saturados. Los guaduales con un promedio de 50,73cm/h se caracterizan por tener una conductividad que se clasifica como muy rápida; en estos suelos el agua se infiltra sin presentar problemas de encharcamiento, el paso de fluidos es mas rápido en suelos no compactados y con mayores contenidos de materia orgánica, donde existe buena porosidad y el tamaño de los agregados es mayor.

4.5.1.2. Características Químicas

Son aquellas que suministran una información que con adecuada interpretación permite describir al origen, la clasificación y la evaluación de la fertilidad de un suelo.

- **Potencial de Hidrógeno**

Anteriormente la mayoría de los guaduales se encuentran en suelos derivados de cenizas volcánicas, con porcentaje bajo de saturación de bases, pobres en fósforo y mediano en potasio.

A medida que las acidez disminuye se incrementa la disponibilidad de Ca, Mg y K; en el caso contrario, una reducción incide en el incremento de iones de hidrógeno, hierro o aluminio y en la relación de Ca/Mg.³⁰

³⁰ Giraldo Herrera Edgar y Sabogal Ospina Aureliano, *LA GUADUA una alternativa sostenible*, publicación de la corporación autónoma regional del Quindío, CRQ. Quindío.



- **Capacidad de Intercambio Cationico (CIC)**

Se define como la sumatoria de bases intercambiables totales (Na, K, Mg, Ca) y la acidez intercambiable (H, Al). Los suelos que presentan bajo grado de intervención como los guaduales se consideran de clasificación media con una CIC entre 15 y 16 me/100 gr. de suelo. Suelos desprovistos de cobertura vegetal presentan menores niveles de CIC.

- **Aluminio**

Los altos niveles de Aluminio son considerados de acción toxica para la mayoría de las plantas incluyendo los guaduales, en suelos derivados de cenizas volcánicas, donde generalmente se desarrolla la guadua, los valores de este elemento son mínimos y no causan daños fisiológicos.

- **Calcio**

Los agrosistemas de guadua presentan valores de calcio que se pueden clasificar como medios (5.0me/100gr); no obstante si se compara con otros sistemas productivos como la ganadería y la caficultura, los guaduales poseen promedios muchos mayores.

- **Magnesio**

Los guaduales y/o bosques se distinguen de otros sistemas productivos por presentar niveles superiores de este elemento (1,84me/100gr). La representación de Mg en términos de la capacidad de intercambio cationico es muy pobre en suelos derivados de cenizas volcánicas.

- **Potasio**

En general los suelos con guadua poseen niveles moderados de potasio (0.6me/100gr), si se tiene en cuenta que por su naturaleza, estos suelos contienen importantes cantidades de este elemento.

- **Sodio**

Los suelos óptimos para el desarrollo de la guadua requieren niveles muy bajos de sodio (rangos que fluctúan entre 0.21 y 0.27 me/100gr.)



- **Fósforo**

En los guaduales los niveles de fósforo no muestran variaciones considerables, en términos de generales se presentan entre 20 y 30ppm, cantidad alta, tratándose de suelos alofanicos y existiendo la posibilidad de que este elemento no este aprovechable en los rangos que se describen en los análisis de laboratorio.

- **Elementos menores**

A nivel general los promedios de elementos menores contenidos en los suelos donde se encuentra la guadua se pueden considerar como altos para todos a excepción de boro, cuyos niveles son medios. El cobre se encuentra en rangos entre 1 a 5ppm; el hierro presenta niveles entre 280 y 300ppm; manganeso entre 8 y 10ppm y Boro con niveles de 0.15 a 0.20ppm.

4.6. Preservación e inmunización de la guadua.

La guadua al igual que la madera también contiene humedad, la cual es indispensable extraer, para obtener su mayor resistencia y controlar hongos y agentes que la puedan atacar. El material después del proceso de corte debe ser sometida a un proceso de secado, *“en este proceso se contrae y obtiene su color amarillo, al estar seca pierde toda la savia y no es tan propensa al ataque de hongos, en este proceso se desecha casi un 20% de guadua por estar rajadas o torcidas.”*³¹ A continuación explicaremos los métodos utilizados mas comúnmente para el secado del material:

- **Secado al aire**

Este método consiste en apilar la guadua en cantidad suficiente en el suelo, se coloca de manera horizontal y aire libre (mejor cubierto), teniendo precaución que no tenga contacto con le suelo, sobre alguna base que impida esto.

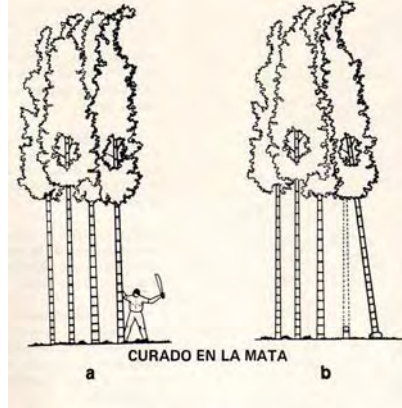
- **Secado en la mata**

Después de cortada la guadua se deja con ramas y hojas recostada de forma vertical, sobre otras guaduas del cultivo, debe de estar aislado del suelo por medio de piedras u

³¹Garzón Caicedo Jenny Vaniria, *optimización de estructuras en guadua*, trabajo de grado Universidad Nacional de Bogotá, Colombia 1996, Pág. 43.



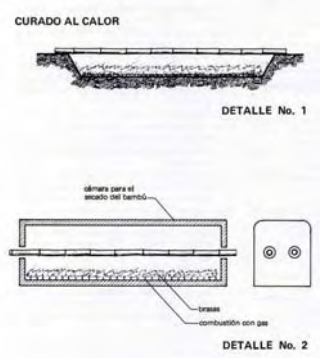
otro elemento, como se observa en el grafico N° 27 de esta pagina. En esta posición se deja por un periodo de 4 semanas, después de lo cual se cortan sus ramas y hojas, y se deja secar dentro de un área cubierta bien ventilada. Este método es hasta ahora el que ofrece los mejores resultados, además los tallos no se manchan y conservan su color.



27. *Proceso de secado en la mata*

- **Secado al calor**

El secado al calor se realiza colocando las cañas de guadua de forma horizontal sobre brasas de madera, a una distancia apropiada, evitando que pueda ser quemada por las llamas y girándolas constantemente, este proceso se debe hacer a campo abierto. Las brasas se deben colocar en una pequeña excavación de unos 30cm o 40cm de profundidad, tal y como se observa en el grafico N° 28 de esta pagina.



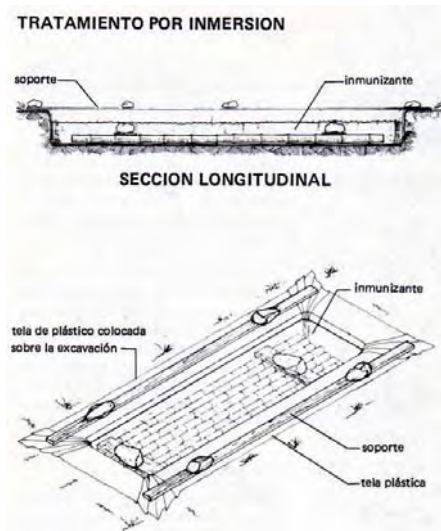
28. *Proceso de secado al calor*

Posteriormente después del proceso de secado, la guadua debe de someterse a un tratamiento preservativo, con la finalidad de prevenir el ataque de insectos y hongos, que son los principales agentes “enemigos”, este proceso debe de ser lo suficientemente eficiente para evitar problemas futuros en las construcciones. Su composición no deben de afectar sus propiedades físico-mecánicas, ni su color y preferiblemente debe de ser en



estado líquido para que se pueda impregnar interiormente donde es más vulnerable, proceso que debe realizarse estando la guadua seca o curada, los diferentes tratamientos para su inmunización de la guadua son los siguientes:

- **Inmunización por inmersión**



29. Inmunizado por inmersión

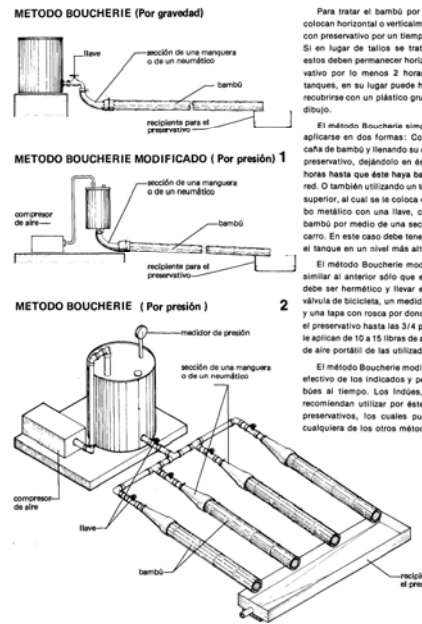
Este proceso se realiza primero haciendo dos perforaciones en cada entrenudo de la guadua, para después sumergir la guadua mediante unas pesas en un tanque que contiene preservativos, por un periodo de cinco días, con el fin de que el líquido penetre de manera correcta en el interior de cada entrenudo, tal y como se puede observar en el gráfico y fotografía 29. En el mercado existen diversos productos como inmunizantes, que deben de ser elegidos con un respaldo de tipo científico.

- **Método boucherie**

Este método se realiza aprovechando la presión hidrostática, con bambúes recién cortados, en posición horizontal sobre el suelo. El recipiente del preservativo debe estar a una cierta altura y de este deben de salir unas mangueras que se conectan a las guaduas por su extremo inferior. El preservativo a aplicar reemplazara a la savia, saliendo por un extremo opuesto, este método se puede observar en el gráfico No 30 y corresponde al enumerado como 1.



También existe otro método muy similar al anterior, con la diferencia que para la aplicación del preservativo se emplea presión, por medio de un medidor, en lugar de que este fluya por gravedad como el anterior, se necesitan de 10 a 15 libras de presión, en este caso el tiempo de inmunización se reduce de varios días a unas 6 o 7 horas, por obvias razones este resulta mas costoso. Este método se puede observar en el grafico 30 y corresponde al enumerado como 2.



30. Inmunizado método por Boucherie

4.7. Producción en Colombia

“ *Silvicultura es la técnica empleada para sembrar y manejar los bosques con múltiples propósitos; también se describe como la habilidad de manejar bosques, argumentando que es arte porque su técnica esta fundamentada en los principios de las ciencias biológicas y la ecología. En un contexto más amplio, silvicultura es el cultivo de las selvas, montes o bosques.*”³²

La silvicultura implica entonces cultivo manejo y aprovechamiento, en busca de incrementar la productividad y los beneficios que genera el bosque, para nuestro caso el

³² Giraldo Herrera Edgar y Sabogal Ospina Aureliano, *LA GUADUA una alternativa sostenible*, publicación de la corporación autónoma regional del Quindío, CRQ. Quindío. Pág.103.



Guadua. La silvicultura de la guadua ha sido un aspecto trabajado en las dos últimas décadas, debido al interés que ha despertado, especialmente en Latinoamérica, hecho que se manifiesta con la aparición de técnicas tendientes a incrementar la productividad y disminuir su destrucción; se incluye la búsqueda de nuevas áreas para el establecimiento de cultivos de guadua. El conocimiento y la aplicación de estas técnicas silviculturales han propiciado el manejo sostenido de los guaduales, mediante la regulación del espacio vital para mejorar su desarrollo.

Cuando el producto del bosque de Guadua es la madera que sea de excelentes condiciones, es decir, con buen diámetro y longitud y de adecuado estado fitosanitario, dichas cualidades están determinadas por la práctica de manejo silvicultural. Como se verá más adelante, es fundamental el manejo del material vegetal que se emplea en el establecimiento de la plantación, así como las entresacas selectivas, que estén destinadas principalmente a la obtención de productos de mejor calidad y de manera constante.

Para conocer a fondo el manejo silvicultural de la guadua es necesario dividir su crecimiento y desarrollo en dos periodos:

4.7.1. Prácticas Silviculturales Para el Cultivo de la Guadua

Comprende la etapa de establecimiento y formación del bosque-rodal y las técnicas de manejo necesarias para lograr la aparición de tallos hechos con diámetro y longitud aptos para ser aprovechados, lo que sucede generalmente entre el cuarto y sexto año de establecida la plantación.

Para iniciar una plantación de guadua, es necesario planificar el manejo, definir su objetivo y la función que en el futuro deberá cumplir dicho bosque. Dentro de las funciones más importantes que cumplen estos bosques, una vez establecidos, se tiene la protección-conservación, la producción comercial, la ornamentación o el establecimiento para usos mixtos.

En esta primera fase silvicultural, las prácticas para la implementación del bosque de guadua son: obtención del material para siembra, definición de la distancia de la



siembra entre chusquines según objetivo propuesto, localización y preparación del terreno, trazo, plateo y ahoyado, siembra de las plántulas, limpias y plateos, fertilización podas y entresaca. Un ejemplo de una plántula apta para la siembra lo podemos apreciar en esta fotografía.



31. *Plántula de guadua*

4.7.2. Obtención del Material para Siembra

Las plántulas para la siembra se preparan desde el vivero, donde se deben tener los cuidados mínimos requeridos para contar con buenas condiciones físicas y fitosanitarias; el material debe ser fuerte, vigoroso y de buen desarrollo tanto foliar como radical, condiciones que determinan en alto porcentaje, el éxito de la plantación. El material vegetal a plantar, bien sea en bolsa o raíz desnuda, debe tener las siguientes características mínimas: 20cm de altura, entre 2 y 4 tallos lignificados, con buena diferenciación radical y poseer 10 laminas foliares desarrolladas.

En el vivero las plántulas deben permanecer con buenas condiciones de humedad, para que al momento de su movilización para el establecimiento en el campo, las plántulas no sufran marchitamiento.



4.7.3. Definición de la Distancia de Siembra Según objetivo

La distancia de siembra en planificaciones de guadua, depende del objetivo del cultivo, la cual determina la densidad de población. Cuando el guadua se establece es con el fin de proteger o conservar suelos o cualquier otro ecosistema, el sistema de siembra es en triangulo y la distancia mínima entre plántulas es de 2.50m por 2.50m por 2.50m. Cuando se realizan plantaciones para proteger y conservar taludes adyacentes a corrientes de agua, el trazo se efectúa a partir de 1 o 2m del área mojada, dependiendo de la inundabilidad del terreno. Normalmente en orillas de ríos y quebradas se siembran entre 2 y 3 surcos a la distancia antes recomendada.



32. *Trazado para el establecimiento de un guadua distancia 4 X 4*

Esta distancia de siembra, bajo buenas condiciones ambientales y edafológicas, mas el acelerado manejo posterior a la siembra, permite obtener gracias a su abundante follaje una cubierta o canopia forestal protectora, en el lapso de 12 a 15 meses, después de establecido el cultivo. Para establecer plantaciones productoras de comerciales de guadua se han evaluado diferentes distancias de siembra partiendo de 3m por 3m pasando luego a 4m por 4m y llegándose a distancias ideales de 5m por 5m; el sistema de siembra depende de la topografía del terreno, definiéndose que en pendientes inferiores al 25% será en cuadro.



Con las dos últimas distancias de siembra se obtienen mayores diámetros en menor tiempo, debido al mayor espacio entre impedimento para la evolución y desarrollo del rizoma. Se recomienda el empleo de la distancia de siembra de 4m x 4m como lo observamos en el ejemplo ilustrado en la foto 33, por favorecer el desarrollo del diámetro y la altura de los tallos, especialmente los que están en el borde del cultivo, debido a que reciben mayor luz horas luz/día, presentan menor competencia entre plantas y las condiciones de temperatura exterior del rodal favorece su desarrollo; su docel demora mas tiempo en cubrir el terreno, hasta 20 meses.



33. *Trazado para el establecimiento de un guadual distancia 4 X 4*

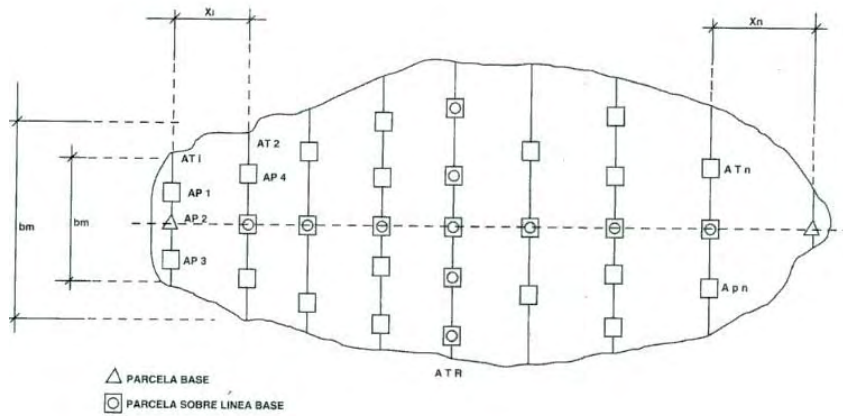
Las investigaciones sobre el manejo silvicultural, han demostrado que después de los 3 años las plantas sembradas, pierden el trazo o surco, conformando masas discontinuas debido a que se produce acercamiento entre los culmos. En esencia, al cabo de 5 o 6 años las plantas exteriores son las más jóvenes del rodal y presentan mayor cantidad de tallos, los mejores diámetros comerciales son 10.5cm. En promedio, mientras que al interior presentan tallos con diámetro de 6cm o 8cm.

Como el sistema de siembra en cuadro no favorece en cierto grado el desarrollo de los tallos interiores, las investigaciones tienden a modificar las distancias y el sistema de siembra, de tal manera que se favorezca el desarrollo homogéneo de todos los tallos.

Se debe entonces buscar mayor incidencia del efecto de la luz y disminuir la competencia entre plantas. Las consideraciones anteriores, permiten plantear la



necesidad que la distancia entre plantas y surcos se deben dirigir en el sentido del sol, es decir, orientar el establecimiento de la plantación, de tal manera que las plantas en los surcos reciban mayor cantidad de horas/luz/día, para lo cual se deben iniciar investigaciones con diferentes de siembra, entre plantas y surcos. *“En conclusión, se recomiendan algunas variaciones de distancias que deben ser objeto de evaluación.”*³³



34. Trazado para el establecimiento de un guadua distancia 4 X 4

4.7.4. Costos de Establecimiento de una Hectárea de Guadua

De acuerdo a un estudio realizado por el centro nacional para el estudio del bambú en el año de 1999³⁴, para saber el costo para el establecimiento de un hectárea sembrada en guadua, la cifra en pesos colombianos arrojó un resultado de \$1.243.392 que serán unos 444 euros al cambio de hoy en día. En el estudio se incluyen los costos de dos (2) mantenimientos durante el primer año, que constan de rocería, replanteo, fertilización y resiembras. Los jornales estimados incluyen todas las actividades que demandan mano de obra directa en el campo, se incluye el control fitosanitario, la construcción de barreras cortafuegos para control de incendios y en algunas ocasiones estas mismas sirven para control de plagas.

³³ Giraldo Herrera Edgar y Sabogal Ospina Aureliano, *LA GUADUA una alternativa sostenible*, publicación de la corporación autónoma regional del Quindío, CRQ. Quindío. Anexo Pág.182.

³⁴ Giraldo Herrera Edgar y Sabogal Ospina Aureliano, *LA GUADUA una alternativa sostenible*, publicación de la corporación autónoma regional del Quindío, CRQ. Quindío. Anexo Pág.182.



Los insumos para el establecimiento incluyen el transporte menor o interno que es aquel que se realiza al interior del sitio de la plantación y en algunas ocasiones se realiza con animales de tiro o manualmente, el transporte mayor se considera para distancias no mayores de 200Km y ello representa un valor no mayor del 30% del costo de un árbol.

Los mantenimientos incluyen costos por asistencia técnica, insumos, administración e imprevistos.

Departamento	Área en Bosque Natural Has	Área en Plantaciones Has	Total
Caldas	5000	320	5320
Quindío	5800	640	6440
Risaralda	3476	615	4091
Valle del Cauca	7100	1400	8500
Total	21376	2975	24351

Finalmente es importante conocer el inventario actualizado de plantaciones de guadua en Colombia, con el objetivo de visionar hacia un futuro la proyección del material en lo que se refiere a producción y existencia, así como a políticas de tecnificación y manejos apropiados de silvicultura. Para saber lo anterior nos remitimos a algunos datos de la corporación autónoma regional de Risaralda Carder que hemos reseñamco en la tabla anterior, donde se da la cifra de los cultivos de guadua existentes en cuatro (4) departamentos colombianos.

“La totalidad de cultivos suman 24.351Has, de los cuales 21.376 son bosques naturales en los que no ha existido ningún proceso de sivilcultura, son cultivos sin ningún tipo de tecnificación ni planeación. Solo 2.975Has son plantaciones que corresponden a Cultivos con procesos de silvicultura, en estos la materia prima obtenida es de mejor calidad ya que son cultivos a los que se les ha hecho un seguimiento por parte de técnicos.”³⁵

³⁵ Ver en el capítulo 7 de esta tesis, apartado 7.4.3 “La cadena de la guadua”, Bogota 2004.



4.8. Principales Usos y Aplicaciones de la Guadua

El uso de este material en Colombia no ha sido solamente para la construcción de edificios, estructuras, acabados, cerramientos, canales, escaleras, barandas, etc., siempre se ha ampliado al campo “industrial” para la elaboración de muebles, objetos, artesanías, actualmente se destaca la elaboración de muebles “modernos” en guadua. En países con una tradición milenaria con bambú como es el caso de China, India y Japón, el bambú es utilizado para la fabricación de pulpa de papel y en la producción de artes hasta los tres años de edad.



35. Muebles de bambú en Mali y Etiopía



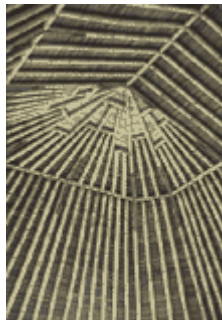
Centro Cultural en Nueva Caledonia Renzo Piano 1992



Ejemplo de un objeto de diseño industrial.

El bambú, particularmente la *Guadua angustifolia* en Colombia viene siendo utilizada por Simón Vélez, quien en los últimos veinte (20) años ha logrado plasmar en cada una de sus obras las bondades de este material, logrando implementar esta técnica tanto en el campo residencial así como en el institucional.

Casa en La Calera (Colombia) Simón Vélez 1997-1998



Casa en Rabéales (Colombia)



Previo al desarrollo del proyecto del pabellón de Zeri ³⁶—edificio que analizaremos mas adelante— el énfasis de la utilización de este material estaba dado en las estructuras de cubierta. El cálculo se realizaba por una relación simple carga estructura, uniendo varias guaduas a partir de uniones simples, aseguradas cada determinadas distancias y apoyadas sobre estructuras de madera y en algunos caso de hormigón.



36. Estructura madera y guadua S.Vélez Construcción típica para el secado del café

En las primeras construcciones que realizo Simón Vélez, la guadua la utilizaba con uniones simples y venciendo luces máximas de 10 mts., el siguiente paso fue combinar su utilización con otras maderas como el aliso o el mangle, las cuales se encuentran de 9 ó 10m de longitud, frente a los 2.5 o 3m de la madera rolliza que se consigue generalmente como material industria. “Ahora con su experiencia en Hannover

³⁶ Ver en el Capítulo 6. Simón Vélez de esta tesis.



Alemania, con la construcción del pabellón Zeri, se ha demostrado plenamente la viabilidad de la utilización de este material.³⁷ El sistema utilizado se puede definir como una técnica constructiva mixta, donde la estructura está sometida a tracción se realizan uniones con hormigón. La interacción balanceada de elementos hace que el edificio funcione y tenga estabilidad como unidad, respondiendo satisfactoriamente desde el punto de vista estructural.

- **Muebles en Guadua**

Actualmente debido al crecimiento y demanda de productos relacionados con guadua en el campo de la construcción, en Colombia se ha notado la expansión del material a otros sectores de la economía, es el caso del diseño de artesanías y objetos a partir de la utilización de la guadua como material principal. Entre esta gama de productos encontramos lámparas, muebles, escaleras, realizados en combinación con aluminio, hierro y otro tipo de maderas.



37. Diseños de muebles modernos en guadua

³⁷ Banda, Mabely y Salas, Eduardo, "El sistema constructivo del Pabellón Zeri" asignatura reflexión, crítica y propuestas sobre las técnicas constructivas, universidad politécnica de Cataluña UPC, 2001 (Inédita).





38. *Diseños de muebles modernos en guadua*

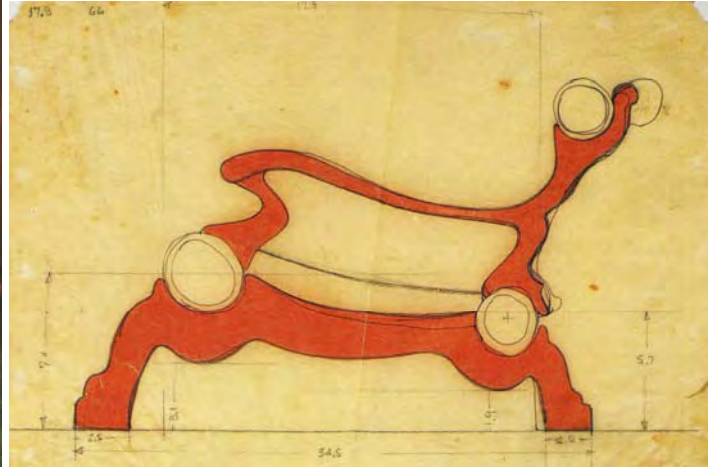
En la actualidad en Colombia encontramos diseñadores importantes de muebles de guadua, entre los que podemos mencionar a Marcelo Villegas, Lucas Jaramillo, Victoria Peters, etc. En este apartado enseñaremos algunos diseños realizados por diseñadores y artesanos colombianos, que vale la pena destacar por su originalidad y versatilidad en los diseños.³⁸



Diseños de muebles modernos en guadua

³⁸ Villegas Marcelo, *GUADUA Arquitectura y Diseño*, ediciones Villegas y Editores, 2004, p.44.





39.

Diseños de muebles modernos en guadua

