

MANUAL PRÁCTICO

CULTIVO Y MANEJO DE LA GUADUA EN VENEZUELA

Francisca Ely Bali



INSTITUTO
JARDÍN BOTÁNICO
DE MÉRIDA



Organización Internacional
del Bambú y el Ratón

© Ely F., 2021. Manual Práctico Cultivo y Manejo de la Guadua en Venezuela. Instituto Jardín Botánico de Mérida, Universidad de los Andes, Organización Internacional del Bambú y Ratán (INBAR). Mérida, Venezuela.

Esta publicación cuenta con licencia para su uso bajo la Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 España (CC BY-NC-SA 3.0 ES).

Para ver esta licencia visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/deed.es>

Colaboradores:

Ramón Jaimez y Osmay Araque, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Universidad de Los Andes

Ilustraciones:

Daniela Polanco

Fotografías:

Francisca Ely

Diseño Gráfico:

Leopoldo Febres Cordero

Salomé Cano

Christopher Cano




Agradecimientos

La realización de este manual fue posible gracias al valioso apoyo brindado de las siguientes instituciones:

- El Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de Arte (CD-CHTA) de la Universidad de Los Andes, que financió parcialmente este proyecto a través de los proyectos C-1722-1101B y CVI-PIC-GUA-C-12-01.
- El Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT), que financió la segunda fase del ensayo a través del proyecto PEI-2013002102.
- El Circuito de la Universidad de Los Andes para el Manejo Integral de los Desechos (CIULAMIDE), con la valiosa participación del Ing. Juan de Dios Casadiego en el proyecto de Servicio Comunitario Evaluación de la Guadua angustifolia en la recuperación de la microcuenca del Río Albarregas.
- El Vicerrectorado Académico y Administrativo de la Universidad de Los Andes de Mérida.
- La Operadora de la Finca Judibana y su valioso personal.
- La Compañía Nacional de Reforestación (CONARE), con el apoyo del Ingeniero Forestal Simón Dugarte.
- El Centro Socialista de Investigación y Desarrollo del Cacao (CESID), adscrito a la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Corporación Regional del Zulia (CORPOZULIA), a través de la Ingeniera Iraima Chacón.
- La oficina Regional para América Latina y el Caribe de la Organización Internacional del Bambú y Ratán – INBAR por su revisión técnica y apoyo en la publicación.

En el desarrollo de este proyecto participaron:

- Ubaldo Castillo, quien apoyó durante cuatro años las actividades silvícolas del proyecto.
 - La Ing. Agrónoma Ximena Londoño de La Pava, Presidenta de la Sociedad Colombiana del Bambú.
 - Biólogos de la Facultad de Ciencias (ULA):
María Astrid Dávila, Daniela Polanco, Liliana Peñaloza, Lady García, Rebeca Flores, Oriana Villafraz, Hermes Balza, José David Fernández y Xiomar Bustos, durante
- 

sus actividades de servicio comunitario en el proyecto Evaluación de la *Guadua angustifolia* en la recuperación de la microcuenca del Río Albarregas.

- TSU de la Escuela Técnica Superior Forestal (ETSUFOR), ULA: Emily Terán y Antony Ruiz, durante su tesis de pasantía en el proyecto CVI-PIC-GUA-C-12-01.

También Victor Dugarte y Jesús Contreras.

- Ramón Gil del Jardín Botánico de Mérida

- Yender Peña y Erasmo Molina de la Fundación Jardín Botánico de Mérida.

- Jesús Hildebrando Salas, Elio Arismendi, Wilmer Espinoza, Ing. Forestal Leivy Toro del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP), el Profesor Daniel Castillo. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes.

- Leonardo Medina, estudiante de la carrera de Ingeniería Forestal.



Prólogo

El bambú es una de las plantas más integrales a nivel mundial, su presencia se encuentra en zonas tropicales y subtropicales en distintos rincones del mundo. Su gran diversidad tanto de especies herbáceas como leñosas, así como su versatilidad en sus usos, muestra su gran importancia para el desarrollo sostenible en los países que cuentan con este recurso natural. Dentro de las especies más utilizadas a nivel de la Región de América Latina y que tiene una gran presencia, desarrollo e investigación son las *Guaduas*. En Venezuela crecen dos especies nativas *Guadua angustifolia* y *Guadua amplexifolia*, que tienen una presencia importante en el país y más que todo puede ayudar a disminuir la presión a los bosques debido al aprovechamiento indiscriminado de la madera y aportar contra la lucha frente al cambio climático.

Además, es el tercer país de América Latina con mayor diversidad de bambúes leñosos con 68 especies de 10 distintos géneros. Estas especies de bambúes brindan una serie de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, regulación, hábitat y hasta culturales generando así valores socioculturales, económicos y ecológicos para su población.

El presente Manual Práctico Cultivo y Manejo de la Guadua en Venezuela brinda una serie de elementos técnicos que permite conocer de una manera fácil y didáctica las partes del bambú, tipo de reproducción y propagación de bambúes nativos como la guadua, los beneficios ecosistémicos de estas especies, su establecimiento y manejo en plantaciones, sus fases de crecimiento, aprovechamiento y preservado.

Esta información será un aporte relevante para productores, técnicos de campo y extensionistas de Venezuela que desean conocer más sobre el bambú, y en especial promover el uso de especies autóctonas como las Guaduas brindando así oportunidades para mejorar los medios de vida de las poblaciones rurales.

Pablo Jácome Estrella
Director Regional para América Latina y el Caribe
Organización Internacional del Bambú y Ratán - INBAR



Índice

1.- Generalidades de los bambúes.....	8
2.- Partes de un bambú.....	9
3.- Reproducción en los bambúes.....	15
3.1. Reproducción sexual.....	15
3.2. Reproducción asexual o vegetativa.....	16
4.- Beneficios que aporta el cultivo de bambúes nativos como la Guadua.....	17
4.1. Beneficios económicos.....	18
4.2. Servicios ecosistémicos derivados del cultivo de la Guadua	19
4.2.1. Protección de cuencas y taludes en situación de riesgo	19
4.2.2. Mejoran la calidad de los suelos.....	19
4.2.3. Contribución a la regulación del agua en los ecosistemas	19
4.2.4. Los guaduales tanto naturales como plantados, contribuyen a proteger la biodiversidad local.....	19
4.2.5. Como sumideros de carbono.....	20
4.2.6. Mejoramiento de la calidad del aire.....	21
5.- Principales métodos de propagación asexual masiva en bambúes incluyendo las Guadúas.....	21
5.1. Fragmentación de los rizomas (tallos subterráneos).....	21
5.2. Siembra de secciones de culmos con orientación vertical, perpendicular al sustrato.....	21
5.3. Siembra de secciones de culmos con orientación horizontal	22
5.4. Enraizamiento de ramas laterales o “riendas”.....	22
5.5. Propagación mediante “chusquines”, el método más popular para propagar especies del género <i>Guadua</i>	22
5.6. Sustratos recomendados para propagar Chusquines en vivero	23
5.7. Determinación del crecimiento durante 16 semanas.....	24
5.8. Resultados y recomendaciones del ensayo con diferentes tratamientos de fertilización.....	24
6.- Establecimiento de cultivos de Guadua.....	25
6.1. Para protección y estabilización de talúdes, quebradas o establecer cercas vivas.....	25



6.2. Para aprovechamiento como materia prima.....	25
7.- Cultivo y manejo de Guadua.....	26
7.1. Platoneo.....	26
7.2. Eliminación de culmos muy delgados o secos, ramas laterales o riendas y espigas.....	27
7.3. Aplicar los fertilizantes comerciales de fórmula completa y/o fertilizantes orgánicos al menos 2-3 veces al año.....	29
7.4. Cultivo de la <i>Guadua</i> en el occidente de Venezuela, bajo condiciones de temperatura y radiación elevadas en suelos subóptimos	29
7.4.1. Manejo del cultivo.....	31
7.4.2. Determinación de la sobrevivencia y producción de biomasa.....	32
7.4.3. Estudio comparativo del crecimiento de ambos bambúes.....	32
7.4.4. Determinación de la biomasa aérea.....	32
7.4.5. Sobrevivencia, crecimiento y producción de biomasa. (Resultados del ensayo).....	33
8.- Fases de crecimiento en una plantación de <i>Guadua</i>.....	36
8.1. Etapa de rizoma.....	36
8.2. Renuevo o rebrote.....	37
8.3. <i>Guadua</i> juvenil o “viche”.....	37
8.4. <i>Guadua</i> madura o “hecha”.....	37
8.5. <i>Guadua</i> sobremadura o senescente.....	38
9.- Aprovechamiento de la <i>Guadua</i>.....	39
10.-Preservación.....	39
Referencias citadas.....	41



1.- Generalidades de los bambúes.

Los bambúes pertenecen al grupo de las gramíneas o pastos (Fig. 1). Sin embargo, destacan del resto del grupo dado que su tamaño puede variar desde pocos centímetros en bambúes herbáceos como *Pariana* (Fig. 2), hasta unos 30 m en bambúes leñosos como *Dendrocalamus asper* y *D. giganteus* (Fig. 3). En Sudamérica, los bambúes leñosos que alcanzan mayor tamaño son *Guadua* y *Eremocaulon*.



FIGURA 1.



FIGURA 2.



FIGURA 3.

Venezuela es el tercer país más diverso en bambúes leñosos de Suramérica, con 10 géneros y 68 especies descritas hasta la fecha (Ruiz E. 2021). De los géneros de bambúes leñosos nativos de Venezuela, destaca el género *Guadua* con *Guadua amplexifolia* (Fig. 4) y *Guadua angustifolia* (Fig. 5) como los mejores sustitutos de la madera a bajo costo.



FIGURA 4.



FIGURA 5.

2.- Partes de un bambú.

Los bambúes son plantas clonales; en este tipo de plantas el "individuo" recibe el nombre de genet y esta representado por la macolla (Fig. 6). La macolla a su vez, está conformada por tallos aéreos denominados culmos o ramets (Fig. 6).

La disposición de los culmos o ramets en la macolla puede dificultar la distinción de un genet o individuo de sus vecinos, especialmente cuando existen numerosos ramets en una misma macolla. En las poblaciones de bambúes, existen continuas interacciones fisiológicas entre los culmos de una misma macolla.



FIGURA 6.

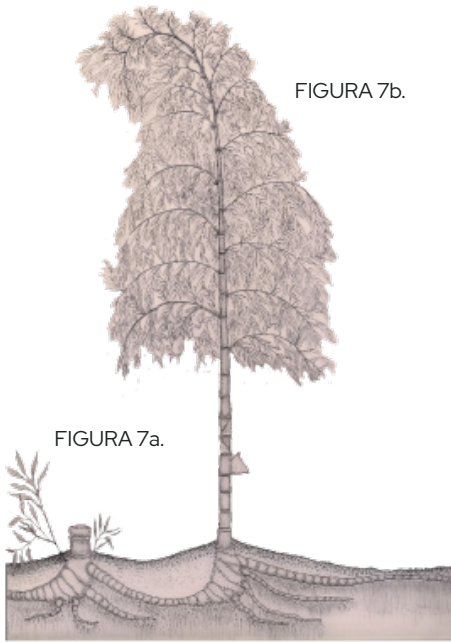


FIGURA 7b.

FIGURA 7a.

Estas interacciones pueden ser positivas, como por ejemplo, la movilización de carbohidratos sintetizados en el proceso de la fotosíntesis, desde culmos adultos hasta culmos en desarrollo (Li et al. 2000, Saitoh et al. 2002), o negativas, como lo son las interacciones de competencia entre culmos de una misma macolla por recursos como luz, agua y los nutrientes que se transportan desde las porciones subterráneas hasta las aéreas de la planta (Stern et al. 1999).

El cuerpo vegetativo de los bambúes se puede separar en dos porciones: 1- una porción subterránea (Fig. 7a) y 2- una aérea (Fig. 7b).

1) La porción subterránea está constituida por el sistema radicular y tallos articulados denominados rizomas. Los rizomas están divididos en nudos (donde nacen las yemas) y entrenudos (la porción comprendida entre dos nudos) (Fig. 7a).

El sistema radicular está formado por numerosas raíces fibrosas (Fig. 7a) que anclan firmemente el cuerpo del bambú al sustrato. Los rizomas almacenan nutrientes y carbohidratos que son posteriormente transportados a otros órganos de la planta. En los nudos de los rizomas se originan yemas, éstas en condiciones favorables de humedad, rebrotan y originan nuevos tallos aéreos o culmos (Fig. 7b).

La producción de culmos nuevos a partir del rizoma se mantiene a lo largo de todo el ciclo de vida del bambú, y es lo que le permite propagarse de manera clonal o vegetativa. Según McClure (1976), Makita (1998) y Clark et al. (1999), los rizomas, dependiendo de su modo de crecimiento y la distancia entre los nudos, se clasifican en:

a-leptomorfos (Fig. 7c), caracterizados por presentar entrenudos largos, de tipo estolonífero, típicos de bambúes asiáticos como *Phyllostachys* y



FIGURA 7c.



FIGURA 7d.



FIGURA 7e.



FIGURA 7f.

Sasa; **b- paquimorfos (Fig. 7d)**, que consisten en rizomas con entrenudos cortos y engrosados que originan la arquitectura en forma de paraguas, típica de bambúes como *Bambusa*, y **c- una combinación de los dos tipos de rizomas anteriores, denominados anfimorfos (Fig. 7e)**, los cuales no son comunes y se presentan en algunas géneros de bambúes andinos trepadores del género *Chusquea*, conocidos comúnmente como carrizos o caña lata.

Los bambúes del género *Guadua* presentan rizomas exclusivamente paquimorfos; sin embargo, el distanciamiento entre los rizomas varía en las diferentes especies. Bambúes como *Guadua amplexifolia* presentan rizo-

mas paquimorfos de cuello corto (Fig. 7d) y forman macollas muy compactas, mientras que otros como *Guadua angustifolia*, presentan rizomas paquimorfos de cuello largo (Fig. 7f), que originan macollas con un mayor distanciamiento entre los culmos.

2) La porción aérea está constituida por los culmos, las ramas laterales, el follaje y las inflorescencias (sólo en bambúes que están en la fase de reproducción sexual) (Fig. 7b).

Los culmos son regularmente segmentados o articulados y al igual que los rizomas, están conformados por nudos y entrenudos. Los nudos de los bambúes son siempre sólidos, mientras que los entrenudos pueden ser huecos o sólidos. Cuando los entrenudos son sólidos, el parénquima se distribuye uniformemente desde la periferia hasta el centro.

En los entrenudos huecos, el parénquima de la médula se desintegra tempranamente, y solo queda una porción remanente de parénquima en la periferia del culmo, que recibe el nombre "pared" (Fig. 7g y 7h).



FIGURA 7g.



FIGURA 7h.

En el caso de bambúes como *G. amplexifolia* y *G. angustifolia* los entrenudos retienen una proporción importante de parénquima, por lo que se los cataloga como bambúes de pared gruesa, particularmente en el caso de *G. amplexifolia*, donde la mayor proporción de parénquima persiste y los culmos son prácticamente macizos.

Todas las especies pertenecientes al género *Guadua*, incluyendo *Guadua amplexifolia* y *G. angustifolia* son fácilmente reconocibles porque sus nudos están claramente delimitados por una franja blanca con cerdas arriba y abajo (Fig. 7i y 7j).



FIGURA 7i.



FIGURA 7j.

En los nudos nacen las yemas (Fig. 7k y 7l), a partir de las cuales se originarán las ramas (Fig. 7b y 7l), hojas caulinares (Fig. 7i y 7m) y espinas (Fig. 7n y 7o).



FIGURA 7k.



FIGURA 7l.

Las culmos juveniles en desarrollo se distinguen por la presencia de hojas caulinares que rodean completamente los segmentos de nudo-entrenudo a lo largo del culmo en expansión. Estas hojas caulinares cumplen la función de proteger las yemas y ramas inmaduras.



FIGURA 7m.

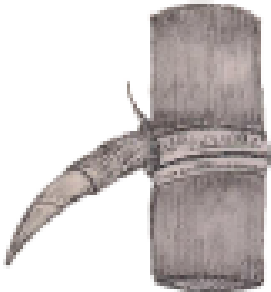


FIGURA 7n.

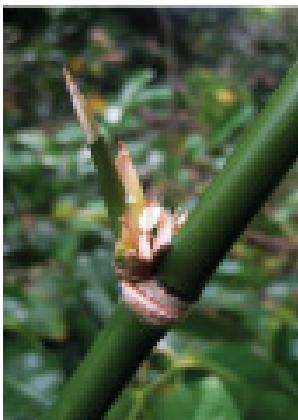


FIGURA 7o.

En las guaduas, la bráctea u hoja caulinar es bastante rígida, presenta un contorno triangular, y se desprende tempranamente del nudo. La superficie externa de la bráctea está cubierta de tricomas o pelos pardos, ásperos al tacto (Fig. 7i y 7p), que se desprenden con facilidad y son irritantes.



FIGURA 7p.

Las hojas propiamente dichas de los bambúes se forman sobre ramas originadas a partir de las yemas ubicadas en los nudos. La hoja de los bambúes está conformada por una porción basal, envoltivo, denominada vaina, seguida de una porción expandida, conocida como lámina (Fig. 7q).

La lámina desempeña las funciones de fotosíntesis y respiración en las hojas de los bambúes. Las hojas de los bambúes se diferencian de las hojas de gramíneas herbáceas típicas porque presentan un adelgazamiento o constricción entre la vaina y la lámina, que forma un pseudopociolo (pareci-



FIGURA 7q.



FIGURA 8a.

do al peciolo de una hoja típica) generalmente muy corto (Fig. 7r). Entre la vaina y la lámina se forma una pequeña excrescencia denominada lígula (Fig. 7r). Los bambúes leñosos como la *Guadua*, presentan tanto en las hojas caulinares como en las del follaje, una lígula interna muy conspicua y una externa apenas visible.



FIGURA 7r.



FIGURA 8b.

Las flores de los bambúes se denominan flósculos y se agrupan en inflorescencias denominadas espiguillas (Fig. 8a y 8b). A su vez, las espiguillas se concentran en inflorescencias más grandes denominadas sinflorescencias. Los flósculos de *Guadua* consisten en flores bisexuales o hermafroditas desnudas (Fig. 8a y 8b) (no presentan cáliz ni corola).

Las piezas florales (cáliz y corola) de los flósculos o flores de los bambúes, al igual que en el resto de las gramíneas son sustituidas por brácteas denominadas lema (Fig. 8c) y pálea (Fig. 8d). Estas brácteas protegen a los estambres (Fig. 8e) y al pistilo (Fig. 8f).

La porción basal del pistilo se denomina ovario y en su interior se desarrolla



FIGURA 8c.



FIGURA 8d.



FIGURA 8e.

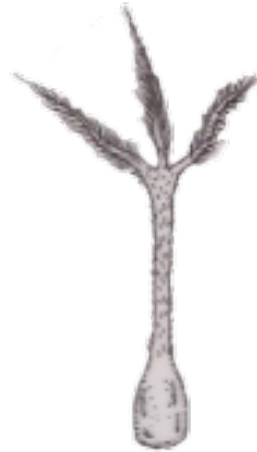


FIGURA 8f.

el óvulo. El óvulo, una vez fecundado originará una cariopse (propio de las gramíneas), que consiste en una semilla cuya testa esta soldada a la pared del ovario. La polinización de los flósculos ocurre primordialmente por el viento (anemofilia).

3.- Reproducción en los bambúes.

3.1. Reproducción sexual.

Los bambúes se reproducen sexualmente por semillas y asexualmente, de manera natural, a partir de rebrotes de los rizomas (Fig. 7a). Las semillas de los bambúes, incluyendo las de *Guadua* tienen una duración muy breve, generalmente de pocas semanas, por lo cual se deben refrigerar tan pronto se cosechen y sembrar tan pronto sea posible en un sustrato inerte, muy

suelto. En contraste, las plántulas originadas a partir de las semillas pueden permanecer en ese estado juvenil durante muchos años, formando "bancos de plántulas" (Clark 1989, Widmer 1997, Stern et al. 1999, Ely comunicación personal).

Los bambúes leñosos son en su gran mayoría monocárpicos; ello significa que después de un único evento de floración y producción de frutos y semillas, la planta madre se seca y muere. Los bambúes leñosos se caracterizan por presentar ciclos de vida muy largos, por lo que generalmente tardan varias décadas en alcanzar su madurez reproductiva (Janzen 1976). Los bambúes originarios de latitudes templadas (dependiendo de la especie), pueden tardar entre 30 y 140 años en florecer.

Los bambúes tropicales se caracterizan por ciclos de floración más cortos, entre 5 y 60 años, con un promedio de 30 años en muchas especies (Pohl 1982, Clark 1989, Makita 1998). Los eventos de floración en bambúes leñosos pueden obedecer diferentes patrones: **a- sincrónico o gregario**, que representa el más común, en el cual todos los individuos de una misma especie florecen al mismo tiempo cuando alcanzan la edad reproductiva (por ejemplo todos los que alcanzan 25 años florecen) y el evento de floración puede durar de 1 a 3 años (Clark 1989, Widmer 1997, Ely 2009); **b- asincrónico o esporádico**, en el cual no se aprecia un patrón regular, ya que

en una misma población coexisten algunas macollas fértiles y vegetativas (Clark 1989, Widmer 1997).

Es importante destacar que aún cuando los bambúes leñosos se han catalogado como monocárpicos, existen especies cuyos genets permanecen vivos después de la reproducción sexual. En el caso específico de bambúes del género *Guadua*, los ciclos de floración son muy variables dependiendo de la especie; la gran mayoría, incluyendo *G. amplexifolia* presentan patrones de floración masiva.

Sin embargo, existen excepciones como *G. angustifolia* que florecen asincrónicamente (Londoño 1998, Clark et al. 1999), sin que se produzca la muerte de la planta madre después de repetidos eventos de floración, a diferencia de los bambúes monocárpicos típicos.

3.2. Reproducción asexual o vegetativa.

Los bambúes leñosos incluyendo la *Guadua* se propagan naturalmente a lo largo de toda su vida mediante rebrotes de los rizomas (Figs. 7a y 7f); pero también pueden propagarse mediante enraizamiento de culmos (Fig. 7b) y ramas laterales (Fig. 7b y 7l). Esta propagación clonal le permiten a una misma macolla propagarse de manera indefinida bajo condiciones ambientales favorables. En la sección 5 se explica en detalle los tipos de propagación asexual.

4.- Beneficios que aporta el cultivo de bambúes nativos como la *Guadua*.

La *Guadua* es un bambú autóctono que presenta un gran potencial tanto comercial como ecológico. Como se mencionó anteriormente, en Venezuela, crecen dos especies autóctonas del género: *G. amplexifolia* y *G. angustifolia* cuyas dimensiones las convierten en excelentes sustitutas de la madera, y cuando crecen en condiciones óptimas pueden alcanzar alturas de hasta 20 m y diámetros de hasta 10 cm a la altura al pecho.

El gran potencial como materia prima de bambúes como *G. angustifolia* no se debe únicamente a su gran tamaño, sino también a sus destacadas propiedades físico-mecánicas que le brindan el elevado contenido de fibras que conforman el 40 % de los tejidos del culmo (Londoño et al. 2002). Gracias a estas propiedades, la *G. angustifolia* se ha catalogado como un “acero vegetal”, ya que la resistencia estructural en culmos maduros es superior a la de muchos árboles maderables utilizados tradicionalmente como la caoba, el cedro, el pardillo y la teca.

En Venezuela el género *Guadua* abarca 10 especies descritas hasta la fecha (Clark y Ely 2011); no obstante, solo dos de las especies reúnen las características estructurales apropiadas para ser utilizadas como sustitutas de la madera, éstas son: *Guadua amplexifolia* Pressl (Fig. 4) y *G. angustifolia* Kunth (Fig. 5).

El cultivo de la *Guadua* en Latinoamérica se ha popularizado en las últimas décadas por su potencial como sustituto a bajo costo de maderas valiosas (Londoño 1998, Londoño et al. 2002, Camargo et al. 2010) y por los servicios ecosistémicos que brinda (Giraldo-Herrera y Sabogal 1999, Camargo et al. 2013).

Hasta la fecha, casi toda la información relacionada con el desarrollo, manejo y potencial de la *Guadua* proviene de Colombia (Londoño 1998, 2002, Giraldo-Herrera y Sabogal 1999, Stern et al. 1999, Cruz-Ríos 2009, Camargo et al. 2010, 2013) y en menor proporción de Ecuador (Stern et al. 1999, Poppens y Morán-Ubidia 2005) y México (Cruz-Ríos 2009). En ambos países, los guaduales nativos se desarrollan en ambientes muy húmedos, sobre suelos volcánicos, generalmente fértiles y bien drenados.

Sin embargo, estas condiciones ambientales privilegiadas no son compartidas por otros países de la misma región; tal es el caso de Venezuela, donde los suelos de la mayor parte del territorio nacional son pobres en nutrientes y muy drenados (Andressen 2008), condiciones que retrasan el mucho el crecimiento de cualquier cultivo.

En la actualidad, existe una necesidad imperativa, especialmente en las regiones tropicales, de seleccionar cultivos de crecimiento rápido, que suplan las demandas de materia prima de calidad a bajo costo, y paralelamente toleren las

condiciones ambientales que impone el proceso de calentamiento global; es decir, sequías estacionales prolongadas aunadas a temperaturas elevadas (Riario et al. 2002, INBAR 2010).

Los guaduales, proporcionan los siguientes beneficios:

4.1. Beneficios económicos.

A partir de la *Guadua*, se puede obtener una materia prima, renovable a bajo costo. El carbono fijado por la *Guadua* se almacena en todos sus órganos, principalmente en los culmos y rizomas.

Cuando se aprovecha un bambú, no se desecha nada; las hojas de follaje sirven de forraje para el ganado, las ramas laterales sirven de tutores en cultivos de flores u hortalizas (ejm. tomate, pimentón), para la elaboración de utensilios de cocina y artesanías.

Los culmos, que son la principal ganancia, pueden utilizarse la construcción de estructuras de exteriores (viviendas, puentes, cercados, postes, etc) y de interiores (columnas, pasamanos, escaleras, repisas, celosías, pisos, machihembrados) (Fig. 9), muebles y enseres del hogar.

El aprovechamiento o cosecha de la guadua generalmente se hace a partir del décimo año en un guadua cultivado (Londoño 1998), aunque algunos autores sostienen que puede realizarse a partir de séptimo año (Cruz-Ríos 2009).



FIGURA 9.

Este turno de aprovechamiento puede considerarse relativamente corto, en comparación con la mayoría de los árboles maderables, utilizados tradicionalmente, cuyo turno de corte suele ubicarse entre 15 y 40 años. Una vez que el guadual alcanza su madurez (alrededor de los 7-11 años), se puede iniciar el proceso de selección para aprovechar cada año sólo los culmos maduros.

Este tipo de manejo permite un aprovechamiento indefinido de un Guadual establecido a partir de una plantación (Fig. 10), a diferencia de lo que sucede en una plantación de árboles, donde el primer y único aprovechamiento que se realiza conlleva a la destrucción total de la plantación.



FIGURA 10.



FIGURA 11.

4.2. Servicios ecosistémicos derivados del cultivo de la *Guadua*.

4.2.1. Protección de cuencas y taludes en situación de riesgo.

El extenso sistema de rizomas y raíces fibrosas de la *Guadua* retienen y compactan el sustrato, minimizando los procesos erosivos del suelo, el lavado de nutrientes y el deslizamiento del terreno (Camargo et al. 2013) (Fig. 11).

4.2.2. Mejoran la calidad de los suelos.

Los bambúes se destacan por producir abundante hojarasca de manera continua bajo condiciones favorables. La hojarasca se acumula en el suelo formando una espesa esterilla de materia orgánica que aporta nitrógeno, carbono y otros nutrientes al suelo, incrementan-

do su fertilidad y textura (Camargo et al. 2013) (Fig. 12).

4.2.3. Contribuyen a la regulación del agua en los ecosistemas.

Durante las temporadas de lluvia, los bambúes almacenan agua tanto en los culmos como en los rizomas. Esta agua retorna gradualmente al ecosistema mediante la transpiración de las hojas, con lo que contribuye a mantener un microambiente húmedo todo el año (Giraldo-Herrera y Sabogal 1999, Camargo et al. 2013) (Fig. 13).

4.2.4. Los guaduales tanto naturales como plantados, contribuyen a proteger la biodiversidad local.

El sotobosque del guadual es progresivamente colonizado por otros gru-



FIGURA 12.



FIGURA 13.

pos de plantas (Fig. 14). Los guaduales tanto naturales como cultivados proporcionan refugio a muchas aves, pequeños mamíferos y reptiles (Giraldo-Herrera y Sabogal 1999, Ely, comunicación personal).



FIGURA 14.

4.2.5. Como sumideros de carbono.

Durante su desarrollo, la *Guadua* fija grandes cantidades de dióxido de carbono de la atmósfera (CO_2) al mantener tasas de fotosíntesis relativamente elevadas durante todo el año, especialmente en el caso de *Guadua amplexifolia* (Ely et al. 2016), lo cual se traduce en tasas de crecimiento elevadas con respecto a otros grupos de plantas, incluyendo muchas especies de árboles. Estas cualidades las convierten en un buenos sumideros de carbono, pues fija grandes cantidades de carbono en sus rizomas, culmos y hojas.

La “fijación de carbono” se refiere a que todas las estructuras desarrolladas por la planta a partir del carbono fijado durante el proceso de la fotosíntesis se transforman en materia prima que puede ser aprovechada para diferentes propósitos (Londoño 1998, Giraldo-Herrera y Sabogal 1999, Cruz-Ríos 2009).

4.2.6. Mejoramiento de la calidad del aire.

Los bambúes leñosos a partir del segundo año, forman macollas espesas que ofrecen buena sombra a las plantas aledañas cuando la radiación alcanza sus máximos niveles en el transcurso del día, con lo cual contribuyen a disminuir la temperatura del aire. Por otro lado, durante el proceso de fotosíntesis los bambúes liberan oxígeno a la atmósfera, lo cual también contribuye a mantener ambientes más frescos.

5.- Principales métodos de propagación asexual masiva en bambúes incluyendo las *Guaduas*.

5.1. Fragmentación de los rizomas (tallos subterráneos) (Figs. 7a, 7f y 15a).

Dado que de los rizomas rebrotan naturalmente, originan culmos nuevos que sustituyen los más viejos a lo largo de la vida de la macolla; de modo que coexisten en una misma macolla culmos juveniles, maduros y sobremaduros o senescentes.

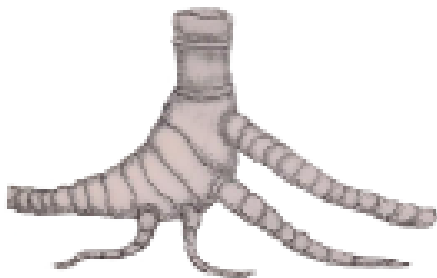


FIGURA 15a.

Los rizomas maduros continúan produciendo culmos vigorosos, por lo que pueden separarse de otras porciones de rizoma de la macolla original para producir plantas nuevas. Sin embargo, separar porciones de rizomas maduros de *Guadua* resulta demasiado laborioso, por lo que no se recomienda para la propagación clonal masiva.

5.2. Siembra de secciones de culmos con orientación vertical, perpendicular al sustrato (Fig. 15b).

Se secciona el culmo en segmentos que contengan 3-4 nudos y se entierran dichas secciones verticalmente (perpendiculares al suelo), enterrando el extremo inferior unos 5-8 cm de profundidad, procurando siempre que



FIGURA 15b.

las yemas queden orientadas verticalmente. Las yemas vigorosas originarán raíces y culmos nuevos.

El éxito de sobrevivencia y de prendimiento se mejora agregando agua al interior del entrenudo expuesto. Se pueden utilizar tallos de diferentes dimensiones, siempre que contengan al menos un nudo con una yema activa para que desarrolle la nueva planta.

5.3. Siembra de secciones de culmos con orientación horizontal, es decir, paralelo al sustrato (Fig. 15c).

Las secciones de culmos de 20-50 cm se perforan en cada nudo con un taladro de broca 0,5-1,0 cm, sin afectar las yemas existentes y se entierran las secciones superficialmente en hileras, en posición horizontal, dejando desenterradas algunas yemas. Las más vigorosas rebrotarán originando culmos nuevos y raíces.



FIGURA 15c.

5.4. Enraizamiento de ramas laterales o "riendas" (Fig. 7l).

Consiste en enterrar superficialmente las ramas laterales, con la finalidad de que las yemas axilares en vez de originar hojas y espigas, originen raíces adventicias. Sin embargo, el éxito de propagación de este método es bastante bajo, por lo que no es aconsejable.

5.5. Propagación mediante "chusquines", el método más popular para propagar especies del género *Guadua*.

Los chusquines (plantas asexuales) son plantas juveniles que se originan a partir de los rizomas de macollas que han sido aprovechadas o sus tallos aéreos destruidos por la acción del viento o afectados por incendios (Fig. 7a y Fig. 16). Los chusquines presentan la ventaja de que poseen todos los órganos propios de una planta: raíces bien desarrolladas, tallos (usualmente de 2-5 mm de grosor y de 8-50 cm de altura) y abundantes hojas.



FIGURA 16.

Los chusquines pueden separarse fácilmente de la macolla que los originó y sembrarse en bolsas (Fig. 17) o sembrarse directamente en el terreno.

Los chusquines obtenidos a partir de los rizomas se siembran en bolsas y al cabo de 3 meses están listos para el trasplante o pueden mantenerse indefinidamente en bolsas bajo condiciones adecuadas de temperatura y humedad, realizando fertilizaciones periódicas.



FIGURA 17.

Los bancales o bolsas de chusquines deben establecerse bajo condiciones de radiación solar moderada, como la sombra proporcionada por árboles o bajo un umbráculo, pues condiciones de radiación alta provocan el marchitamiento de las hojas y retrasan el crecimiento.

Es recomendable regar los chusquines dos veces al día y realizar una fertilización mensual con humus o fertilizante granulado para garantizar que se mantengan vigorosas. La propagación se hace manualmente con tijeras de podar. De que cada chusquín se obtienen 2-3 plantas nuevas, que al cabo de 3 meses tendrán nuevos culmos y raíces y estarán listas para ser llevados a terreno. Estas ventajas nos permiten mantener un bancal de chusquines indefinidamente.

El desarrollo de los chusquines en los bancos de propagación está influenciado por la temperatura y la humedad. Se recomiendan temperaturas entre 21-32 °C y una humedad relativa alta, generalmente superior al 60%.

Durante el proceso de separación de chusquines, se debe evitar romper los rebrotes y las raíces, al mismo tiempo que es fundamental mantener las raíces humedecidas en tobos con agua, ya que los chusquines se deshidratan muy rápidamente y una vez que ello ocurre, el daño es irreversible.

5.6. Sustratos recomendados para propagar Chusquines en vivero.

En un ensayo realizado por la primera autora con estudiantes de la carrera de biología, se evaluó el crecimiento de los chusquines aplicando 4 tratamientos de fertilización. En el ensayo se evaluaron un total de 24 chusquines de 4 meses de edad, procedentes del vivero de la Compañía Nacional de Reforestación (CONARE), ubicado en el Municipio Al-

berto Adriani, Estado Mérida. Todos los chusquines fueron trasplantados a bolsas de 3 Kg, que contenían un sustrato base constituido por una mezcla de arena de río y tierra negra.

En el estudio, se seleccionaron aleatoriamente 6 chusquines para cada tratamiento y se determinó el crecimiento semanalmente, durante 16 semanas. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

a) Adición de fertilizantes químico comercial granulado (NPK).

Se aplicó una fórmula completa (10:10:10), a razón de 0,5 gr de fertilizante por cada kg de tierra; es decir, 1,5 gr por cada bolsa de 3 kg, cuyo sustrato consistía de 0,5 kg de arena de río y 2,5 kg de tierra negra.

b) Adición de humus sólido enriquecido en una proporción 1:1.

Cada bolsa de 3 kg contenía: 0,5 kg de arena, 1,25 kg de humus sólido producido en la lombricultura de CIULAMIDE-ULA y 1,25 kg de tierra negra, en partes iguales.

c) Adición de humus sólido en una relación 2:1.

Cada bolsa de 3 kg contenía 0,5 kg de arena, 1,67 kg de humus sólido y 0,83 kg de tierra.

d) Tratamiento control o testigo (sin la adición de ningún fertilizante).

En este caso, el sustrato de las bolsas de 3 kg estaba constituido por 0,5 kg de arena de río y 2,5 kg de tierra negra.

5.7. Determinación del crecimiento durante 16 semanas.

El estudio comparativo de crecimiento consistió en mediciones quincenales de dos variables de crecimiento: altura total (AT) y diámetro en la base del culmo (DBC) debajo del primer nudo. Ambas variables se determinaron en los dos culmos de mayor tamaño de cada uno de los chusquines seleccionados para cada tratamiento. Estas variables se determinaron en milímetros, utilizando un vernier (Fig. 18A y 18B).

5.8. Resultados y recomendaciones del ensayo con diferentes tratamientos de fertilización.

El estudio demostró que la adición de fertilizantes, tanto orgánicos como inorgánicos granulados estimulan igualmente el crecimiento de los chusquines durante las primeras semanas. Este efecto se puede apreciar al comparar el desarrollo de los chusquines cultivados en sustratos enriquecidos con los del tratamiento control o testigo (que no recibieron ninguna fertilización), particularmente en lo que se refiere a la altura de los culmos (Fig. 18 A).

Por otro lado, la adición de fertilizantes orgánicos como el humus estimulan más el engrosamiento de los culmos durante las primeras semanas de desarrollo, en comparación con los fertilizantes inorgánicos granulados (Fig. 18 A y B).

El estudio comparativo del efecto de diferentes proporciones de abono sobre el crecimiento los sustratos de-

mostró que el mejor tratamiento fue el de humus en una relación 1:1.

Esta conclusión también se apoya en el hecho de que durante el ensayo se observó que los chusquines del tratamiento con humus 2:1 presentaron hojas cloróticas, a diferencia de los chusquines del tratamiento con humus 1:1 y los abonados con el tratamiento con fertilizante químico NPK. Inferimos que el exceso de humus acidifica demasiado el sustrato e interfiere con la asimilación de nutrientes.

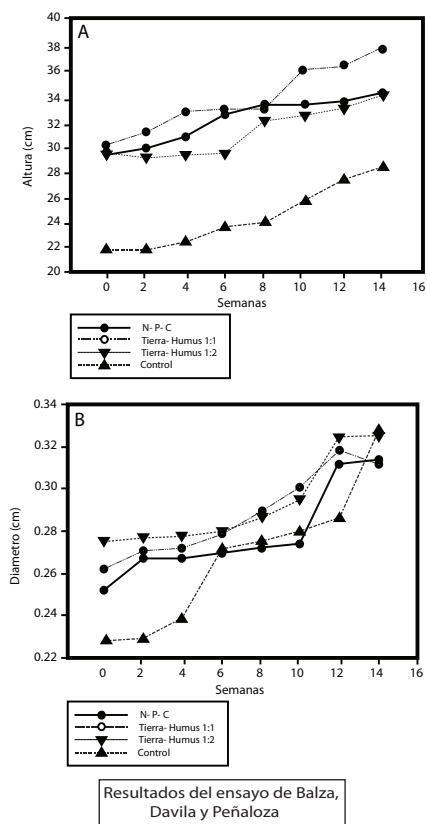


FIGURA 18.

6.- Establecimiento de cultivos de *Guadua*.

Al momento de sembrar, es fundamental tener claro el propósito de la plantación, ya que de ello dependerá el espaciamiento entre las chusquines. Teniendo ello en consideración, se han establecido diferentes espaciamientos:

6.1. Para protección y estabilización de talúdes, quebradas o establecer cercas vivas.

Se recomienda sembrar con un distanciamiento de 2-3 m entre plantas, con la finalidad de establecer una barrera viva que actúa como un muro de contención (Fig. 19).



FIGURA 19.

6.2. Para aprovechamiento como materia prima.

Se recomienda un distanciamiento de 5-7 m entre plantas (Fig. 20), con la finalidad de obtener diámetros comer-



FIGURA 20.

cializables. Sin embargo, nuestra experiencia luego de realizar un ensayo de crecimiento en la Finca Judibana, Municipio Alberto Adriani del estado Mérida, es que el distanciamiento óptimo entre macollas es de 5 m.

Distanciamientos superiores a los 5 m resultan poco prácticos, pues implican un control de malezas muy intensivo durante los primeros dos años del cultivo, por el hecho que toda el área que separa las macollas de guadua es rápidamente invadida por gramíneas herbáceas y malezas que en pocas semanas desplazan a los bambúes.

El control de malezas en plantaciones con un espaciamento muy grande entre macollas resulta muy costoso, independientemente de que se utilice un control manual (machete), mecánico (con desmalezadora) o químico.

7.- Manejo de la *Guadua* en cultivo.

El mantenimiento debe ser muy riguroso los primeros 2 años, de lo contrario, se retrasa mucho el crecimiento de los bambúes y se corre el riesgo de perder el cultivo, por el hecho de las malezas y gramíneas herbáceas colonizan muy rápidamente todo el terreno, especialmente en regiones tropicales cálidas.

Por dichas razones, con la finalidad de acelerar el crecimiento y obtener un cultivo de bambú con una buena densidad de tallos de diámetros comercializables, que se desarrollen en el menor lapso de tiempo posible, hacemos las siguientes recomendaciones:

7.1. Platoneo.

Durante los primeros dos años es imprescindible realizar un platoneo de al menos 1,5 m alrededor de cada macolla de bambú. El platoneo puede realizarse con machete o desmalezadora debe hacerse al menos tres veces al año (Fig. 21), con el objeto de eliminar todas las malezas que puedan desplazar al bambú, especialmente las trepadoras que se enrollan alrededor de los tallos y estrangulan las macollas juveniles.

Al cabo de dos años cada macolla adquiere una copa de unos 2 m, que proyecta un halo bien definido, gracias a su continua producción de hojarasca (Fig. 21), que se deposita en el suelo, formando una densa esterilla que impide el crecimiento de otras plantas incluyendo gramíneas herbáceas.



FIGURA 21.



FIGURA 22.

7.2. Eliminación de culmos muy delgados o secos, ramas laterales o riendas y espinas.

En bambúes como la *Guadua*, las podas tienen la finalidad de evitar la proliferación excesiva de culmos delgados y de ramas (Fig. 22).

Recordemos que los bambúes son plantas clonales, formadas por muchos tallos aéreos y ramas que compiten por los mismos recursos. Cuanto mayor sea el número de culmos por macolla, más delgados serán los mismos, pues deben competir por los mismos recursos (agua, nutrientes y carbohidratos) destinados para el crecimiento.

Por dichas razones, es recomendable que a partir del cuarto mes de trasplante, se poden los chusquines, eliminando todos los tallos más delgados (los cuales suelen ser los más viejos y se ubican al interior de la macolla), procurando no afectar ni los tallos más gruesos, ni los rebrotes de culmos nuevos que se generan en la periferia de la misma macolla.

Posteriormente, a partir del sexto mes de trasplante, se deben eliminar periódicamente (al menos 2-3 veces al año), además de los culmos delgados, las espinas y ramas laterales o riendas que nacen en los nudos de los culmos (Fig. 23).



FIGURA 23.

La presencia de ramas y espinas nodales dificultan el acceso a la macolla, dado que las espinas pueden alcanzar entre 0,5-4,0 cm de longitud, y por ser extremadamente rígidas y afiladas, pueden causar lesiones cuando se realizan las labores de manejo o de aprovechamiento.

Es fundamental que la eliminación de ramas laterales, culmos delgados y espinas se realice durante la estación seca. Los bambúes del género *Guadua* pierden diariamente mucha agua por transpiración; por lo que lo cual la reducción de follaje proporciona un beneficio, ya que reduce el estrés hídrico durante la estación seca.

Realizar la poda de culmos y ramas durante las temporadas de sequía presenta dos ventajas adicionales:

1- durante los meses secos ocurre una importante pérdida de follaje, lo cual le facilita el acceso a las macollas, **2- al final de la estación seca**, los tallos se vuelven más quebradizos por lo que son mucho más fáciles de cortar, y **3- la eliminación de culmos delgados y podas de ramas** aseguran un máximo aprovechamiento de los fertilizantes en el momento de su aplicación, pues estarán destinados a un menor número de culmos de mayor tamaño (Fig. 24).



FIGURA 24.

Todas las medidas antes mencionadas contribuyen a minimizar el retraso en el crecimiento de las macollas durante los primeros años, que representan el período en el cual las tasas de crecimiento son más altas en bambúes (Ely et al. 2017).

7.3. Aplicar los fertilizantes comerciales de fórmula completa y/o fertilizantes orgánicos al menos 2-3 veces al año.

Los fertilizantes deben aplicarse en intervalos de 3-4 meses, siempre al comienzo de la estación lluviosa. Se recomienda utilizar fertilizantes como humus sólido o fertilizantes comerciales que contengan una combinación de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (comúnmente conocidos como N-P-K) (Fig. 25). Estos vienen en diferentes presentaciones y se aplican para corregir las deficiencias nutricionales de los suelos, particularmente en países tropicales.

Las presentaciones de NPK utilizadas en el presente estudio fueron: 10:20:20, 12:12:17, 10:15:15 y se aplicaron en intervalos de 3-4 meses, siempre al comienzo de la estación lluviosa. En cada fertilización se incrementó progresivamente la dosis.

Nuestra recomendación es la de aplicar una dosis inicial de 20 gr/chusquín en la primera fertilización, y que dicha dosis se incremente progresivamente, a razón de 15 gr por trimestre hasta alcanzar una dosis de 150 gr/macolla al cabo de 24 meses después del tras-

plante. A partir del tercer año, la fertilización puede realizarse en intervalos de seis meses, manteniendo una dosis de 150-200 gr/macolla (Fig. 25).



FIGURA 25.

7.4. Cultivo de la *Guadua* en el occidente de Venezuela, bajo condiciones de temperatura y radiación elevadas en suelos subóptimos.

Estudios previos demuestran que tanto bambúes asiáticos como americanos, con un manejo adecuado, presentan tasas de crecimiento y producción de biomasa elevadas, tanto en su hábitat natural como en cultivos comerciales. Ejemplos de ello son los cultivos de bambúes asiáticos como *Phyllostachys pubescens* (INBAR 2010, Wen et

al. 2011, Wang et al. 2013) y americanos como *Guadua angustifolia* (Londoño 1998, Giraldo-Herrera y Sabogal 1999 Riaño et al. 2002, Cruz-Ríos 2009, Camargo et al. 2010, 2013).

En contraposición, cuando se cultivan en condiciones subóptimas, es de esperar que se obtengan diferencias en el rendimiento de la cosecha en términos de productividad

Según Cruz-Ríos (2009) la *G. angustifolia* tolera intervalos de temperaturas muy amplias, desde 13 hasta 40 °C; no obstante, el intervalo de temperaturas óptima para su desarrollo es de 20-26 °C, con precipitaciones entre 1300-4000 mm (Londoño 1998, Cruz-Ríos 2009).

Cuando la *G. angustifolia* se cultiva bajo condiciones de temperaturas superiores a las de su óptimo, se aprecia un desarrollo más lento de las macollas y una producción de culmos con diámetros promedio inferiores a los reportados por Londoño (1998) para cultivos de *Guadua angustifolia* establecidos en el eje cafetero de Colombia, como demostraron las experiencias en cultivos comerciales de *G. angustifolia* establecidos en Puebla y Veracruz, México (Cruz-Ríos 2009).

Por tal motivo, es fundamental optimizar el desarrollo y productividad de los bambúes potencialmente comercializables como *G. amplexifolia* y *G. angustifolia* en Venezuela.

Es importante tomar en consideración que en la mayor parte del territorio nacional, incluyendo los llanos occidentales, centrales y orientales, predominan temperaturas del aire elevadas (28-38 °C) (Andressen 2008) y sequías estacionales. Dichas condiciones contribuyen a generar un estrés fisiológico en las plantas y a disminuir su productividad, por lo que deben tomarse medidas correctivas antes de establecerse en cultivo y durante su manejo.

Los investigadores y la autora de este manual realizaron un ensayo dirigido a comparar la sobrevivencia, las tasas de crecimiento y la producción de biomasa de *Guadua amplexifolia* y *G. angustifolia* durante sus primeros cuatro años de establecimiento, en plantaciones establecidas en potreros abandonados, previamente destinados a la ganadería, con la finalidad de explorar su potencial como sustitutas sustentables de madera en Venezuela.

Tanto *G. amplexifolia* como *G. angustifolia* son bambúes nativos de Venezuela, y aun cuando ambas se asemejan mucho desde el punto de vista morfológico, difieren en su distribución geográfica y altitudinal en el país, *G. amplexifolia* se asocia típicamente a bosques ribereños estacionales de los llanos occidentales y centrales, situados entre 0-1000 m; mientras que *G. angustifolia* crece generalmente a mayores altitudes (0-1600 m), en ecosistemas más húmedos, por lo que se asocia a bosques estacionales y ribereños de los llanos occidentales y

centrales, con menor frecuencia a bosques bosques ribereños amazónicos y bosques del piedemonte andino (Londoño 1998, Clark y Judziewicz 1999, Clark y Ely 2011).

La plantación de estudio se estableció en la Finca Judibana, propiedad de la Universidad de Los Andes, ubicada al Sur del Lago de Maracaibo, en el Estado Mérida, Municipio Alberto Adriani, Venezuela (8° 37'26" N 71° 42'22" W). La región estaba originalmente cubierta por bosques húmedos tropicales, pero en la actualidad consiste en grandes extensiones de potreros dominados por vegetación secundaria, producto de la explotación de madera y el establecimiento de haciendas ganaderas en la zona durante los últimos 30 años (Romero y Monasterio 1996, Plonczak 1998). La región se caracteriza por presentar temperaturas del aire elevadas durante todo el año, con un valor promedio de 28,5 °C.

La precipitación promedio anual de los últimos ocho años varió entre 1700-1900 mm, siguiendo un patrón bimodal, con un primer período lluvioso desde abril hasta comienzos de junio y el segundo, desde octubre a diciembre.

Los suelos de la Finca Judibana se caracterizan por ser muy heterogéneos, de texturas gruesas, muy drenados, que varían desde arenosos, arenoso-francos hasta franco-arenosos; por otro lado, son marcadamente pobres en nutrientes y de pH moderado hasta fuertemente ácido (pH 4,2-5,5). Los

porcentajes de carbono orgánico (CO) y nitrógeno (N) varían entre moderados a muy bajos (CO: 0,21-1,54 % y N 0,02-0,04 %), lo que origina una relación C/N desde muy alta (38) hasta muy baja (4). Las concentraciones en mg/Kg suelo de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), y magnesio (Mg) medidos durante el estudio fueron de 4-6, 250-450, 55-155 y 50-155, respectivamente.

La plantación se estableció con chusquines de tres meses de edad de *Guadua amplexifolia* y *G. angustifolia*. Se plantaron un total de 160 chusquines; 80 por especie, distribuidas en cuatro parcelas alternas, a razón de 40 chusquines por parcela, los cuales se plantaron en hoyos de 40 x 40 cm de profundidad. En cada parcela, se sembraron los chusquines siguiendo un diseño de 5 columnas por 8 hileras, con un espaciamiento regular de 7 m entre plantas y 12 m entre parcelas.

Los chusquines se regaron sólo 1-2 veces a la semana durante el primer mes posterior al trasplante, dado que los siguientes cuatro meses fueron lluviosos.

7.4.1. Manejo del cultivo.

Dado que la plantación de estudio se estableció en suelos marcadamente infértiles para el cultivo de la *Guadua*, de acuerdo a los requerimientos de sitio señalados por Londoño (1998) y Cruz-Ríos (2009), se incorporaron nutrientes al suelo, siguiendo un régimen regular de fertilizaciones.

A partir del cuarto mes de trasplante, se realizaron podas y fertilizaciones en intervalos de cuatro meses durante los primeros cuatro años. Las fertilizaciones se realizaron con las preparaciones comerciales de NPK mencionadas anteriormente, con una dosis inicial de 20 gr/chusquin a partir del cuarto mes de trasplante, la cual se incrementó sucesivamente, a razón de 15 gr por trimestre, hasta alcanzar una dosis de 150 gr/macolla cuando cumplieron 24 meses de trasplantados.

A partir del tercer año, la fertilización se aplicó en intervalos de seis meses, manteniendo una dosis de 150 gr/macolla.

7.4.2. Determinación de la sobrevivencia y producción de biomasa.

La tasa de sobrevivencia se registró en ambas especies a partir del cuarto mes posterior al trasplante durante el primer año.

7.4.3. Estudio comparativo del crecimiento de ambos bambúes.

El crecimiento se registró en un total de 20 plantas por especie, a razón de 10 macollas/parcela (Fig. 26), las cuales se marcaron aleatoriamente.

El crecimiento se monitoreó durante los primeros cuatro años y las mediciones se realizaron siempre en los dos culmos de mayor tamaño de cada macolla.

Las mediciones de crecimiento se realizaron bimensualmente durante el primer año posterior al trasplante,



FIGURA 26.

y a partir del segundo año y hasta el cuarto año inclusive, en intervalos de seis meses. Las variables de crecimiento consideradas fueron: diámetro en la base del culmo debajo del primer nudo (DBC en mm) y altura total de los culmos (AT en cm).

7.4.4. Determinación de la biomasa aérea.

Estudios previos en *Guadua angustifolia* indican que la porción aérea abarca prácticamente el 80% de la biomasa de la planta (Riaño et al. 2002, Camargo et al. 2010), la cual se distribuye entre los culmos, espigas, ramas laterales, hojas caulinares y hojas del follaje propiamente dicho.

La biomasa aérea se determinó a los 46 meses, en seis individuos por especie, en los dos culmos de mayor tamaño de cada una de las macollas muestreadas (Fig. 27).



FIGURA 27.

Los culmos seleccionados se cortaron a ras del suelo y se determinó inmediatamente su peso fresco en campo. En las determinaciones de biomasa aérea se consideraron los culmos propiamente dichos, las hojas caulinares, ramas laterales y hojas de follaje.

Una vez determinado el peso fresco de las muestras en campo, se procedió a transportarlas al laboratorio y secarlas durante 72 h a 62 °C para determinar el peso seco y contenido de

humedad (CH) de las muestras, sabiendo que este último se determina como $CH = PF - PS$ siendo PF el valor del peso fresco del culmo al momento de ser cosechado y PS el peso seco del a durante un período de 72 horas.

Resultados del ensayo

7.4.5. Supervivencia, crecimiento y producción de biomasa.

La supervivencia fue alta en ambas especies 95 % para *G. amplexifolia* y 89 % para *G. angustifolia*, lo cual sugiere que ambas especies toleran relativamente bien la elevada temperatura y radiación que caracterizan la región del Sur del Lago de Maracaibo (Ely et al. 2016).

El estudio comparativo de crecimiento reveló que durante los primeros 12 meses, la altura total (AT) no varió entre *Guadua amplexifolia* y *G. angustifolia* (Fig. 28a); sin embargo, en el intervalo de 14 a 45 meses, *G. amplexifolia* mantuvo AT ligeramente mayores con respecto a *G. angustifolia* (Fig. 28a).

En relación al incremento diametral del culmo (DBC), *G. amplexifolia* mantuvo valores de DBC consistentemente mayores con respecto a *G. angustifolia* a partir del cuarto mes de trasplante, y esta tendencia se mantuvo hasta los 45 meses (Fig. 28b).

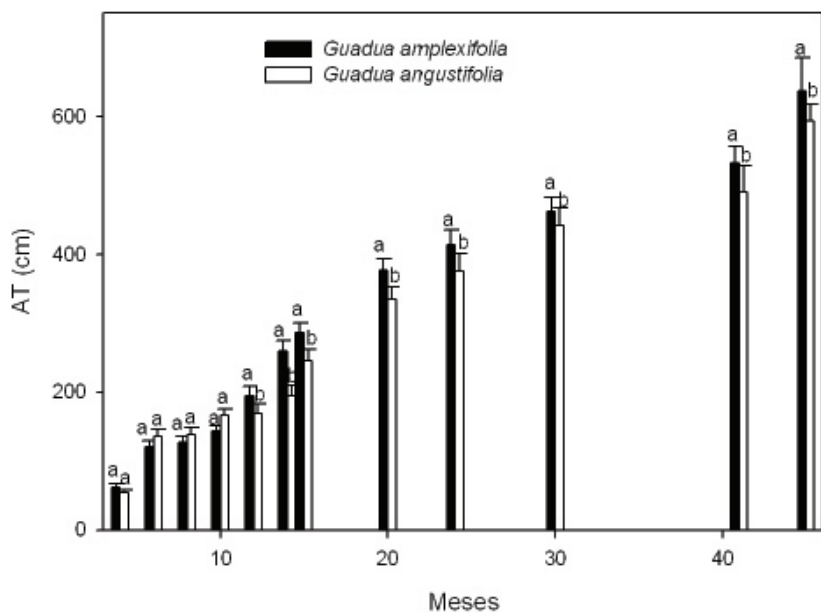


FIGURA 28a.

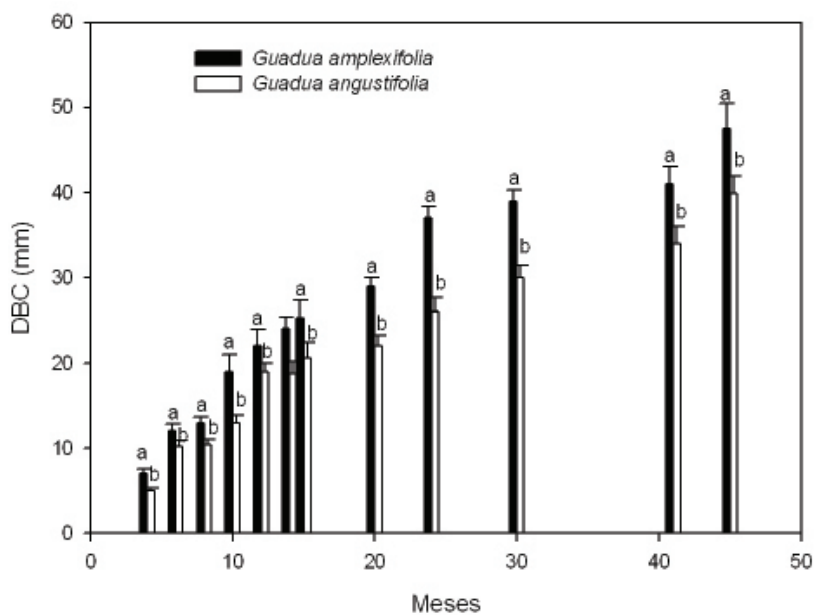


FIGURA 28b.

La producción de biomasa aérea a los 45 meses reveló que *G. amplexifolia* genera una cantidad de biomasa aérea (culmos, hojas caulinares, espinas, ramas y hojas de follaje) muy superior a la de *G. angustifolia* durante los primeros años (Fig. 29).

En *G. amplexifolia*, la biomasa aérea se reparte casi equitativamente entre los culmos y las ramas con su follaje correspondiente (Fig. 29), mientras que en *G. angustifolia*, la mayor parte de la biomasa aérea está almacenada en los culmos (Fig. 29). Esta tendencia puede apreciarse mejor al comparar los pesos secos aéreos totales (PST) (Fig. 29) de los culmos (PSC) y ramas más

hojas del follaje (PSRH) (Fig. 29). La misma tendencia se aprecia cuando se compara el contenido de humedad almacenado por la biomasa aérea (CH), que pone en evidencia que *G. amplexifolia* acumula una mayor proporción de agua en las partes aéreas de la planta respecto a *G. angustifolia* (Fig. 29).

Estas diferencias se relacionan con diferencias en el grosor de la pared del culmo; dado que los culmos de *G. amplexifolia* presentan entrenudos con paredes más gruesas respecto a *G. angustifolia* (2,1-3,43 cm vs 1,29-1,81 cm).

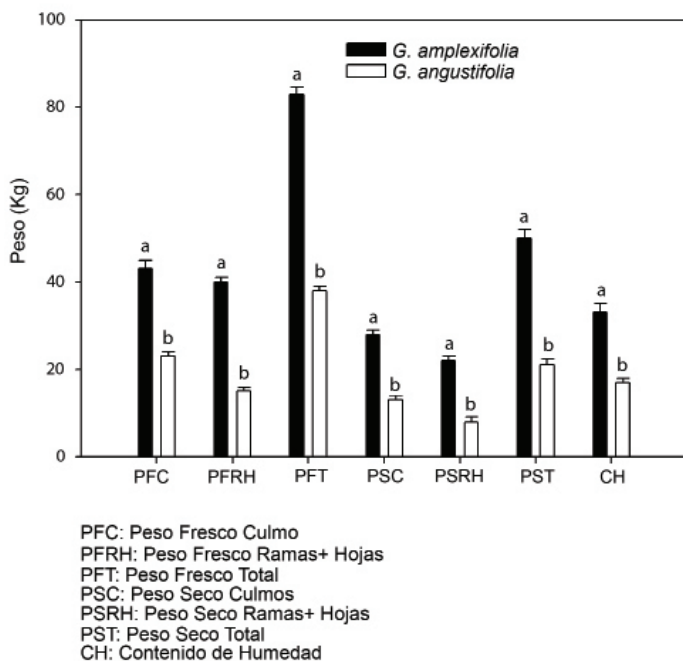


FIGURA 29.

El hecho de que la siembra se estableciera justo al inicio de la temporada de lluvias de año debió favorecer la sobrevivencia y desarrollo de ambas especies durante su fase de establecimiento (Ely et al. 2016), al igual que la aplicación periódica de fertilizantes nitrogenados en intervalos de tres meses el primer año.

La adición de fertilizantes nitrogenados en bambúes (y gramíneas en general) contribuye a mitigar los efectos del estrés por altas temperaturas, mejora el rendimiento fotosintético bajo condiciones extremas (Wu et al. 2008, Xu et al. 2013) y promueve el crecimiento en bambúes (Kleinhenz y Midmore 2001, Cirtain et al. 2009).

Las tasas de crecimiento promedio de *G. amplexifolia* y *G. angustifolia* a los 45 meses obtenidas en este estudio (Fig. 28a y 28b) están en el rango valores reportadas por Londoño (1998) para cultivos del eje cafetero de Colombia de 48 meses de edad (AT 5,2 m y DBC 7,7 cm) y a los reportados por Cruz-Ríos (2009) para cultivos de la misma edad de *G. angustifolia* establecidos en México (AT 10,8 m y DBC 6,19 cm).

Las diferencias en las tasas de crecimiento y producción de biomasa de *G. amplexifolia* respecto a *G. angustifolia* en el sitio de estudio se atribuyen al hecho que *G. amplexifolia*, durante su fase de establecimiento, mantiene tasas de fotosíntesis y de crecimiento superiores a las *G. angustifolia*, tanto

en meses húmedos como secos (Ely et al. 2016), lo cual implica una mayor fijación de carbono en *G. amplexifolia* respecto a *G. angustifolia*, bajo condiciones de radiación y temperatura elevadas, como las que predominan en la región de Sur del Lago de Maracaibo.

Concluimos que con un manejo adecuado, tanto *Guadua amplexifolia* como *G. angustifolia* pueden cultivarse en condiciones subóptimas de temperatura y fertilidad en ecosistemas tropicales del occidente del país. Por otro lado, la producción de biomasa aérea de ambas especies las hace buenas candidatas para proyectos que involucren su uso tanto como sumidero de carbono, como de materia prima a bajo costo.

8.- Fases de crecimiento en una plantación de *Guadua*.

En una plantación comercial, establecida a partir de chusquines, las etapas de crecimiento que se reconocen, según Londoño (1998) y Cruz-Ríos (2009), en una plantación de *Guadua angustifolia*, las cuales también se aplican a las de *G. amplexifolia*, como nos confirma nuestra experiencia en la región Sur del Lago, son las siguientes:

8.1. Etapa de rizoma (Fig. 7a).

En este estadio ocurre la activación de raíces adventicias y yemas que nacen de los tallos subterráneo (rizomas) del chusquín. Las yemas emergerán del suelo y originarán los rebrotes o renuevos. Esta etapa puede durar varias semanas.

8.2. Renuevo o rebrote (Fig. 30).

Comprende la etapa de desarrollo y elongación de los rebrotes originados a partir de las yemas del rizoma. Los renuevos o rebrotes permanecerán protegidos por hojas caulinares durante toda su elongación. Durante esta etapa, se alargan todos los entrenudos del rebrote hasta que alcanzan la longitud final que tendrán en el nuevo culmo. Esta fase puede durar varios meses (1-6 meses), dependiendo de la edad del rizoma y de las condiciones del cultivo.



FIGURA 30.

8.3. Guadua juvenil o "viche" (Fig. 31).

En esta etapa el nuevo tallo aéreo o culmo ya alcanzó su altura definitiva. Los entrenudos presentan una coloración verde oscura, lustrosa y las hojas



FIGURA 31.

caulinares comienzan a abrirse y desprenderse de los culmos. Esta etapa puede extenderse, en función de las dimensiones del culmo nuevo; culmos delgados (varas) entre 2-5 años, culmos de mayor clase diamétrica (7-12 cm), entre 4-7 años. 6-36 meses.

8.4. Guadua madura o "hecha" (Fig. 32).

Típicamente los tallos áreos o culmos tardan entre 4-6 años para que las fibras del culmos se lignifiquen completamente; a partir de este momento, cuentan con las propiedades físico-mecánicas óptimas para su aprovechamiento comercial.

En esta etapa, se aprecia un cambio en



FIGURA 32.

la coloración de los entrenudos; el color verde lustroso de es sustituido por una coloración mate, pardo-grisáceo.

La franja vistosa blanca de los nudos es menos conspicua y en ambientes húmedos, presentan manchas relativamente circulares verde claro-grisáceas, originadas por líquenes. En ambientes más secos, no ocurre la colonización de líquenes en los culmos, simplemente se aprecia una opacidad generalizada en los culmos hasta que adquieren una coloración parda.

En esta etapa, las ramas que se derivan de los culmos aún poseen follaje, aunque en menor proporción que los culmos jóvenes o "viches".



FIGURA 33.

8.5. *Guadua sobremadura o senescente* (Fig. 33).

Cuando los culmos alcanzan esta etapa, generalmente al cabo de 7-11 años, las ramas carecen de follaje vivo, los culmos presentan un color pardo-amarillento opaco, se tornan quebradizos y comienzan a desplomarse por la acción del viento, o por la presión que ejercen culmos vecinos en desarrollo.

En esta etapa, el culmo no presenta ninguna utilidad comercial y debe removerse de la macolla, pues impide físicamente el desarrollo de los culmos jóvenes y dificultan las labores de manejo.

9.- Aprovechamiento de la *Guadua*.

El desarrollo clonal de los bambúes constituye una gran ventaja desde el punto de vista económico; nos permite aprovechar los culmos o tallos de manera selectiva, sin eliminar a la planta madre, por ello el bambú puede considerarse un recurso renovable, a bajo costo, cuando se aprovecha racionalmente (Fig. 34).



FIGURA 34.

Caso contrario sucede cuando aprovechamos un árbol, ya que su aprovechamiento implica la tala (por lo tanto la muerte del individuo) y representa un aprovechamiento no renovable, a un alto costo.

En el aprovechamiento, se deben cortar solo las varas maduras, a ras del suelo, en el primer nudo, mediante un corte que quede inclinado. El corte inclinado evita que se acumule agua en los entrenudos muertos, pues favorecería la proliferación de hongos y bacterias que pudrirían porciones de la macolla principal.

10.- Preservación.

La preservación de la *Guadua* puede realizarse a muy bajo costo por procedimientos industriales o artesanales, utilizando productos no contaminantes y ambientalmente amigables, como el ácido bórico y sales de bórax que no son nocivos ni cancerígenos para nuestra salud, ni contaminan el ambiente, a diferencia de muchos preservantes de madera tradicionalmente utilizados.

Las sales de bórax y el ácido bórico se disuelven en agua en una concentración al 5 %, en partes iguales. Para facilitar la entrada de la solución preservante, los culmos se colocan en un tanque de inmersión manteniendo un ángulo de 10° a 15° sobre la horizontal del piso, con el fin que los culmos puedan expulsar bien el aire interno y se puedan sumergir adecuadamente en la solución de preservación. Antes de sumergir las varas o culmos, se realizan perforaciones en los nudos con un broca de ½ pulgada.

La solución preservante consiste en una preparación de ácido bórico al 2% y sales de tetraborato de bórax sódico,

también al 2%, en partes iguales [1:1] (Montoya-Arango 2008).

Las varas deben permanecer sumergidas en la solución durante 2-3 días. Cumplido este plazo, se retiran del tanque y se dejan secar al aire libre, en posición vertical (Fig. 35) bajo techo, procurando que no estén en contacto directo con el suelo, para lo cual se pueden apoyar sobre bloques, maderas o piso de cemento.

i las varas cosechadas se humedecen nuevamente, pierden el persevante, específicamente el boro, el cual evita la contaminación por hongos y el ataque de insectos que alteran la calidad y propiedades físico-mecánicas del bambú.



FIGURA 35.

Referencias citadas

- Andressen R. 2008. *Circulación atmosférica y tipos de climas*. En: Olivo B.C., Cunnill P.G., Iturrieta P. et al. (Eds.): GeoVenezuela. Tomo 2. Pp. 238-296. Fundación Empresas Polar, Caracas.
- Balza H., Dávila A., y Peñaloza L. 2012. *Informe de servicio comunitario del proyecto: Evaluación de la Guadua angustifolia en la recuperación de la microcuenca del Río Albarregas*. pp. 5. Instituto Jardín Botánico de Mérida, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes.
- Camargo J. C. y Kleinn, C. 2010. *Length curves and volume functions for Guadua bamboo (Guadua angustifolia Kunth) for the coffee region of Colombia*. Eur. J. Forest. Res. 129:1213-1222.
- Camargo, J. C., Chará, J. y Rivaldo-Sánchez, L. P., et. al. 2013. *Beneficios de los corredores ribereños de Guadua angustifolia en la protección de ambientes acuáticos en la ecorregión cafetera de Colombia*. 1. Efectos sobre las propiedades del suelo. Comunicación Técnica. Recursos Naturales y Ambientales 61: 53-59.
- Cirtain, M.C., Franklin y S.B., Pezeshki, S.R. 2009. *Effects of light intensity on Arundinaria gigantea growth and physiology and growth Castanea*. 74(3): 236-246.
- Cruz-Ríos, H. 2009. *Guadua angustifolia Kunth*. Bosques naturales en Colombia. Plantaciones comerciales en México. 710. Pp. COLMEX, Colombia.
- Clark, L. G. 1989. *Systematics of Chusquea Section Swallenochloa, Section Verticillatae, Section Serpentes and Section Longifoliae (Poaceae-Bambusoideae)*. Systematic Botany Monographs, vol 27: 1-127.
- Clark, L. G. y E. Judziewicz. 1999. *The Bamboo plant*. En: Judziewicz, E., Clark, L. G., Londoño, X. y M. Stern (Eds.). 1999. American Bamboos. Smithsonian Institution Press. USA. pp. 5-55.
- Clark, L. G. y Ely, F. 2011. *Lista de Géneros de bambúes leñosos (Poaceae: Bambusoideae: Arundinarieae, Bambuseae) de Venezuela*. Acta Botánica Venezuéllica 34(1):79-103.
- Ely, F. 2009. *Respuesta ecofisiológica y diversidad genética en Chusquea (Bam-*

busoideae, Poaceae) de la Cordillera de Mérida. Tesis de Doctorado. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas. Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

- Ely, F., Araque, O. y Jaimez, R. 2017. *Growth, carbon assimilation and drought tolerance in juvenile plants of two species of Guadua (Guaduinae: Bambusoideae) in a lowland tropical region*. Photosynthetica. DOI: 10.1007/s11099-016-0236-4.
- Giraldo-Herrera, E. y Sabogal, A. 1999. *Guadua una alternativa sustentable*. Publicación de la Corporación Regional Autónoma del Quindío. 42 Pp. Armenia, Colombia.
- International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). 2010. *Bamboo and Climate Change Mitigation: a comparative analysis of carbon sequestration*. 43 Technical Report. Beijing, China. 30. Pp.
- Janzen, D. H. 1976. *Why bamboos wait so long to flower*. Annual Review of Ecology and Systematics 7:347-391.
- Kleinhenz, V. y Midmore, D. J. 2001. *Aspects of bamboo agronomy*. Adv. Agric. 74: 99-145.
- Li, R., Werger, M. J. A., de Kroon, H., During, H. J. y Z. C. Zhong. 2000. *Interactions Between Shoot Age Structure, Nutrient Availability and Physiological Integration in the Giant Bamboo Phyllostachys pubescens*. Plant. Biol. 2:437-446.
- Londoño, X. 1998. *A decade of observations of a Guadua angustifolia plantation in Colombia*. The Journal of the American Bamboo Society 12(1):37-43.
- Londoño, X., G. C. Camayo, N. M. Riaño y López, Y. 2002. *Characterization of the anatomy of Guadua angustifolia (Poaceae: Bambusoideae) culms*. The Journal of the American Bamboo Society 16:18-31.
- Makita A. 1998. *The significance of the mode of clonal growth in the life history of bamboos*. Plant Species Biology 13: 85-92.
- Montoya-Arango, J. A. 2008. *Evaluación de métodos para la preservación de la Guadua angustifolia Kunth*. Scientia et Technica, Universidad Tecnológica de Pereira. 38:411-416.

- Plonczak, M. 1998. *Tipos de bosques y su presión de explotación en Venezuela*. Quebracho 6: 69-74.
- Pohl, R. 1982. *On the flowering of bamboos in Central America*. Brenesia 19/20:465-475.
- Poppens, R. y Morán-Ubidia J. A. 2005. *Viviendo con la Guadua: Un manual de construcción*. 1a edición. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Librería Científica. Guayaquil, Ecuador.
- Riaño, N.; Londoño, X., Lopez, Y. y Gómez, J. H. 2002. *Plant growth and biomass distribution on Guadua angustifolia Kunth in relation to aging in the Valle del Cauca*. J. Amer. Bamboo Soc. 16: (1): 43-51.
- Romero, L. y Monasterio, M. 1997. *Costos ecológicos y socioeconómicos del autoabastecimiento de la leche*. El caso del Sur del Lago de Maracaibo. Agroalimentaria 3: 1-14.
- Ruiz Sanchez, E. 2021. *Diversidad, distribución y clasificación de los bambúes leñosos del Neotrópico (Poaceae: Bambusoideae) en el siglo XXI*. Botanical Sciences 99(2): 198-228 2021.
- Saitoh, T., Seiwa, K. y Nishiwaki, A. 2002. *Importance of physiological integration of dwarf bamboo to persistence in forest understory: a field experiment*. Journal of Ecology 90:78-85.
- Stern M., Clark, L. G. y Judziewicz, E. 1999. *Bamboos in native landscapes* pp. 55-86. En: Judziewicz, E., Clark, L. G., Londoño, X. y M. Stern (Eds.). 1999. *American Bamboos*. Smithsonian Institution. USA.
- Widmer, Y. 1997. *Life history of some Chusquea species in old-growth oak forest in Costa Rica*. pp. 17-32. En: Chapman, G. P. 1997. *The Bamboos*. Linnean Society of London. Academic Press. United Kingdom.
- Xu, W.S., Deng, X. P. y Xu, B. C. 2013. *Effects of water stress and fertilization on leaf gas exchange and photosynthetic light response curves of Botriochloa ischaemum L.* - Photosynthetica 51(4): 603-612.

