

Consideraciones sobre inventario y medición del bambú en bosques y plantaciones, con especial referencia a *Guadua angustifolia* en el Eje Cafetero de Colombia

Juan Carlos Camargo García¹, Ángela María Arango A.²

Resumen

A partir de información bibliográfica y de datos recolectados en inventarios y experimentos con bambú, principalmente de guadua (*Guadua angustifolia*), hemos tratado de establecer consideraciones básicas para la generación de información adecuada para el manejo y cuantificación de variables asociadas con las características del bambú, tanto en plantaciones como en bosques naturales. Se analiza la posibilidad de realizar inventarios y se establecen los aspectos más relevantes del crecimiento, la dinámica y la calidad de los productos obtenidos de bosques y plantaciones de guadua. De esta manera se generan insumos que pueden ser utilizados para la toma de decisiones de manejo de esta y otras especies de bambú.

Palabras clave: *Guadua angustifolia*; crecimiento; calidad; productos forestales; inventarios forestales; ordenación forestal; bosques; plantaciones forestales.

Abstract

Considerations about bamboo inventory and mensuration in natural forest and plantations, with special reference to *Guadua angustifolia* from the Colombian coffee region. Using published papers and data collected in inventories and experiments with bamboo, mainly guadua (*Guadua angustifolia*), we have tried to establish basic considerations for the generation of adequate information for the management and quantification of variables associated with the characteristics of bamboo. Inventory execution in both plantations and natural forests is discussed, as well as the most relevant aspects of growth, dynamics and quality of products from forests and bamboo plantations. These inputs can be used for decision making and management of guadua and other bamboo species.

Keywords: *Guadua angustifolia*; growth; quality; forest products; forest inventories; forest management; forests; forests plantation.

¹ Profesor Titular. Director Grupo de Investigación en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos. Universidad Tecnológica de Pereira. jupipe@utp.edu.co

² Estudiante de Maestría en Ecotecnología. Grupo de Investigación en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Tecnológica de Pereira. amarango@utp.edu.co

Introducción

A pesar de los esfuerzos que se realizan alrededor del mundo para reducir la deforestación, la extensión de áreas boscosas disminuye cada año. Esto tiene implicaciones tanto ecológicas como económicas, al reducirse la oferta natural de madera para diferentes fines (FAO 2006). En este contexto, cobran valor las posibilidades de utilización del bambú como sustituto de la madera. En el mundo se han registrado cerca de 1450 especies de bambú, que se distribuyen desde el trópico hasta las zonas templadas. De estas, alrededor de 50 han sido cultivadas (Hunter 2003). Aunque la comercialización de productos de bambú crece lentamente, su potencial para contribuir al alivio de la pobreza, proveer alternativas económicas y beneficios ambientales es muy importante (FAO 2005).

Según Lobovikov et al. (2007), en el mundo hay cerca de 36.777.000 ha cubiertas por bambú: 64% en Asia, 28% en Latinoamérica y 7,5% en África. Estas cifras, sin embargo, provienen de reportes de los países y no se sustentan en inventarios. Para Colombia, Kleinn y Morales (2006), mediante un inventario de la zona cafetera de Colombia (norte del Valle, Caldas, Quindío y Risaralda), determinaron un total de 28.000 ha de bosques dominados por la especie *Guadua angustifolia* (guadua). Fuentes del gobierno colombiano y, específicamente, de las Corporaciones Autónomas Regionales han registrado un gran total de 51.000 ha para todo el país; de nuevo, estos datos se basan en reportes y no en inventarios. Vale destacar que, aunque en el país existen aproximadamente 95 especies de bambúes (Londoño 1990), la información sobre cobertura es para guadua solamente debido a su valor comercial. Son evidentes, entonces, los vacíos de información acerca de este importante recurso.

Por otra parte, para garantizar el buen manejo del recurso es necesario conocer las características específicas de cada especie de bambú. Judziewicz et al. (1999) definieron los patrones generales de crecimiento (monopodial, simpodial) de las especies de bambú y esbozaron detalles que se deberían tomar en cuenta al recolectar información sobre ellas. En este sentido, las variables que se miden en un inventario forestal pueden ser empleadas, con los ajustes necesarios, para generar información sobre el bambú (Camargo 2006) y, de esta manera, consolidar las bases de datos para la toma de decisiones de manejo.

De acuerdo con Camargo et al. (2010), las decisiones sobre el manejo silvicultural dependen no solo de la especie, sino también del entorno en el que crece (plantación o bosque natural con bambú). En consecuencia, habrá diferencias tanto en las variables que se evalúen como en las prácticas que se apliquen (Camargo y Arango 2014). Lo mismo sucede cuando se realizan evaluaciones para generar información acerca de los beneficios ambientales del bambú; por ejemplo, para determinar el potencial de fijación de carbono, las variables y los modelos utilizados deben ser ajustados para bosques maduros o plantaciones.

En este trabajo hemos utilizado información recolectada en inventarios y experimentos con bambú, principalmente de guadua, con el propósito de establecer algunas consideraciones relevantes que conduzcan a la generación de información adecuada para fines de manejo y cuantificación de variables asociadas a las características del bambú. Para analizar los aspectos relacionados con los inventarios se tomó como referencia principal el trabajo de Klein y Morales (2006) en el Eje Cafetero; del estudio de Camargo y Cardona (2005) en esa

misma región, se tomó información sobre los tipos de fragmentos de bosque encontrados, y de Camargo (2006), las características específicas de la guadua y aspectos relacionados con el manejo.

Asimismo, para puntualizar en aspectos relacionados con el crecimiento del bambú en plantaciones, se tomó información de experimentos realizados en la zona cafetera, los cuales han sido monitoreados durante diez años. Un inventario realizado en la finca Yarima, localizada en el municipio de Pereira, Colombia, permitió recolectar información sobre la estructura de los guaduales. Mediante simulaciones para dos escenarios de cosecha (intensidad de corta anual del 12% y 25% del total de tallos comerciales) se establecieron los posibles cambios en la estructura para un periodo de 20 años; para la simulación se utilizó el paquete informático *Silvcamark 1.1* (Morales 2005).

Los inventarios de bambú

La mayor cantidad de información publicada sobre existencias de bambú a nivel mundial no proviene de inventarios y se centra en aquellas especies de mayor importancia comercial para el país. Por esta razón, no existe certeza en cuanto a la extensión real de la cobertura de bambú en el mundo. En el Cuadro 1 se detallan las existencias mundiales de bambú, según la evaluación de recursos realizada para la FAO por Lobovikov et al. (2007).

Asia es el continente con mayor cobertura de bambú, aunque la representatividad respecto a la cobertura de bosques no llega el 5%, razón por la cual en algunos escenarios donde se buscan beneficios o estímulos para los bosques, el bambú termina siendo desconocido. Por otra parte, el patrón de crecimiento de las especies de bambú y la cobertura altamente fragmentada, en la mayoría de los casos, constituyen obstáculos difíciles de salvar

Cuadro 1. Existencias de bambú a nivel mundial y su proporción respecto a la cobertura forestal

Continentes	Área (1000 ha)			%	Área de bosque (1000 ha)	Proporción de bambú respecto al bosque (%)
	1990	2000	2005			
Asia	21.230	22.499	23.620	64	533.076	4,4
África	2.758	2.758	2.758	7,5	66.495	4,1
Latinoamérica	-	10.399	10.399	28	543.414	1,9
Total	23.988	35.656	36.777	100	1.142.985	3,2

Fuente: Adaptado de Lobovikov et al. (2007).

para la ejecución de inventarios y para el uso de sensores remotos. Adicionalmente, factores como la alta nubosidad que impera en algunas regiones tropicales pueden realmente generar limitaciones para realizar el monitoreo. El hecho de ser bosques fragmentados, implica parches de tamaños pequeños y en

ocasiones dispersos, y si la resolución de imágenes de sensores remotos de bajo costo no está acorde con el tamaño de los fragmentos, la identificación de coberturas con bambú se hace compleja e imprecisa. Las imágenes Landsat con 30 m de resolución, por ejemplo, son de uso muy limitado con fragmentos no mayo-

res de una hectárea y, entonces, es necesario acudir a técnicas de mejoramiento de la resolución espacial, como la fusión de imágenes (Lillo-Saavedra y Gonzalo 2008). Aunque este proceso es una alternativa adecuada, hace más complejo el proceso de identificación de coberturas.

Por medio de imágenes Quick Bird (52 cm de resolución y alto costo), Camargo y Cardona (2005) encontraron, en la zona cafetera de Colombia, que cerca del 75% de los fragmentos eran menores de 5 ha y de forma alargada, con un ancho promedio no mayor de 20 m, en algunos casos. Este ejercicio no habría sido posible si se hubieran usado imágenes con menor resolución. En este caso, además del alto grado de fragmentación, hay otra particularidad que dificulta el inventariado: la forma en que la guadua se asocia con otras coberturas hace casi imposible separar fragmentos puros de cobertura de bambú. Aun si se usaran índices de vegetación sería complejo y poco práctico, en términos cartográficos, hacer una separación entre las coberturas presentes en un mismo fragmento.

En el Cuadro 2 se ofrecen algunos ejemplos de diferentes unidades de mapeo a partir de la clasificación de los fragmentos según la dominancia del bambú con respecto al bosque. Con especies de bambú cuyo patrón de crecimiento es en macollas o matas, con rizomas cortos y paquimorfos (p.e. *Guadua amplexiolia*), es alta la posibilidad de que la especie aparezca dentro de otra cobertura donde difícilmente se puede diferenciar. Por tal razón, la conformación de unidades de mapeo que identifiquen no solo el bambú, sino la cobertura asociada es una opción válida.

El crecimiento de la industria de bambú exige un mejor conocimiento de las especies y mayor precisión en las estimaciones de cobertura y mediciones que se realicen. Las variables que se miden usualmente

Cuadro 2. Unidades de mapeo según dominancia de *Guadua angustifolia* en diferentes fragmentos de bosque de la zona cafetera de Colombia

Consociación guadua - bosque
Parches o fragmentos de bosque dominados por *G. angustifolia* en más del 75% de la cobertura.



Consociación bosque - guadua
Parches o fragmentos de bosque dominados por especies del bosque natural, diferentes de *G. angustifolia*, en más de un 75%.



Asociación guadua - bosque
Parches o fragmentos de bosque que no muestran dominancia de *G. angustifolia* ni de especies del bosque natural.



Fuente: Adaptado de Camargo y Cardona (2005).

durante un inventario son aquellas requeridas para describir las condiciones del bosque o plantación de guadua en términos de crecimiento, productividad y calidad. Las ciencias forestales proveen las herramientas necesarias para generar información adecuada por medio de la medición e inventarios (Akça 2000). Sin embargo, los métodos de medición e inventario empleados deben considerar las características particulares de las especies de bambú que se evalúen (Camargo 2006).

Por tal razón, para obtener datos precisos ha sido necesario generar información desde la base (Rijal 2006, Schumacher 2006) y hacer todos los ajustes requeridos, desde el diseño muestral hasta la cosecha, pasando por las variables que se deben medir. Asimismo, se requiere el desarrollo de modelos específicos que describan el crecimiento y la calidad de los productos provenientes de bosques y plantaciones de bambú (Camargo y Kleinn 2010, Camargo 2014) y que consideren las ventajas y limitaciones asociadas a su dinámica y crecimiento (Camargo et al. 2011).

Consideraciones sobre el manejo del bambú

El manejo de plantaciones de bambú difiere, en esencia, del que se da a la especie en bosque natural. El proceso se inicia con las prácticas de propagación y se debe invertir un tiempo considerable para que las plantas alcancen su estado adulto, con dimensiones similares a las alcanzadas en bosques adultos y, por lo tanto, con la misma posibilidad de usarlos comercialmente. Por lo anterior, las decisiones relacionadas con espaciamientos, podas y fertilización requieren la mayor atención.

De otro lado, la dinámica en una plantación es distinta, ya que todas las plantas que la conforman están creciendo y produciendo culmos simultáneamente. Al inicio, una plantación tiene un crecimiento



Foto: Jochen Statz

El manejo de plantaciones de bambú difiere del que se da a la especie en bosque natural

exponencial en la cantidad total de culmos (entre 5.000 y 20.000/ha). Luego de los primeros cuatro años tiende a estabilizarse y el número total empieza a ser similar al que realmente tendrá cuando llegue a su estado adulto (Figura 1). Esta

condición tiene relación también con las dimensiones de los culmos, que no solo debido a la edad de la planta son más pequeños, sino a la congestión que se presenta en un inicio (Camargo et al. 2010). Por eso, las decisiones sobre espacia-

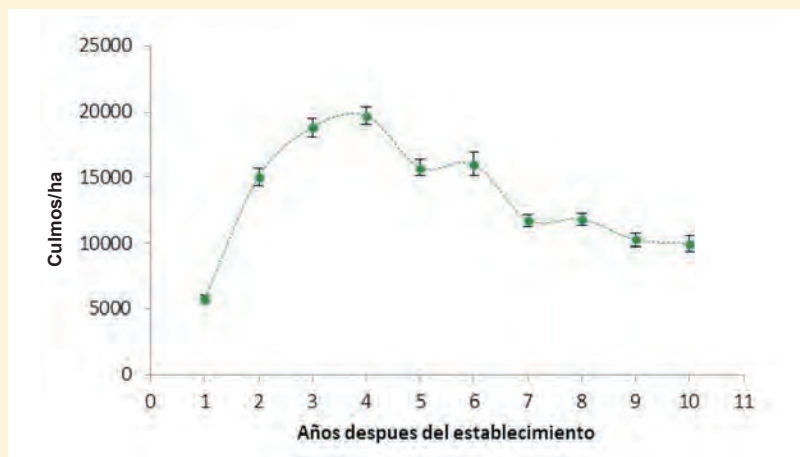


Figura 1. Promedio de culmos en una plantación de *Guadua angustifolia* durante los primeros diez años
Líneas arriba y debajo de la media representan la desviación estándar

miento, podas y fertilización deben considerar esta dinámica, con el propósito de retrasar la congestión que se presenta más pronto cuando el espaciamiento es menor. Ya sea por medio de mayores distancias de siembra o de podas, hay que garantizar un espacio apropiado para obtener productos de mayores dimensiones (Camargo 2006), que sean bien aceptadas por el mercado.

En bosques naturales de bambú, las condiciones son algo distintas. Las

plantas ya han alcanzado su madurez y, por lo tanto, su crecimiento máximo dadas las condiciones de sitio. El manejo, entonces, debe garantizar la posibilidad de obtener culmos comerciales (cerca de cinco años en guadua para aplicaciones estructurales), sin poner en riesgo la sostenibilidad del guadual. En ese sentido, la densidad total remanente de culmos vivos luego de la cosecha es uno de los criterios más importantes a considerar.

Un bosque natural de guadua con menos de 3000 culmos por hectárea se vuelve susceptible a volcamientos (Camargo et al. 2008). Asimismo, la productividad podría disminuir si los regímenes de cosecha hacen que la población total se reduzca por debajo del límite mencionado, lo que pondría en riesgo la sostenibilidad del manejo.

Los bosques de la finca Yarima analizados tienen una densidad promedio de 5211 culmos/ha. Los dos escenarios evaluados (intensidad de corta anual del 12% y 25% del total de tallos comerciales) muestran que, bajo un régimen de cosecha anual, una intensidad de cosecha del 12% es apropiada, pero si esta intensidad se duplica, después de los cuatro años la densidad del bosque pudiera reducirse por debajo del límite establecido (Figuras 2 y 3). El escenario 12% de intensidad representa un promedio anual de 220 culmos/ha, en el periodo analizado, y de 370 culmos/ha para el escenario 25%. Si hubiera una demanda que justifique la cosecha anual de un número determinado de culmos, habría que encontrar un punto medio en la intensidad y frecuencia de corta, de manera que la densidad total de culmos se mantenga a través del tiempo por encima del límite crítico (3000 culmos/ha).

Sumado a lo anterior, la definición de la madurez es, tal vez, la clave para obtener materia prima de calidad. Los culmos de mejor calidad para aplicaciones estructurales se obtienen, en promedio, luego de cuatro años de haber emergido (Rodríguez y Camargo 2010). Es necesario tomar las medidas necesarias para hacer una selección adecuada de culmos con madurez óptima, obviamente dependiendo del propósito o producto final.

La información del manejo y productividad, así como la de inventarios no es importante únicamente para valorar su aporte en términos de comercialización de productos,

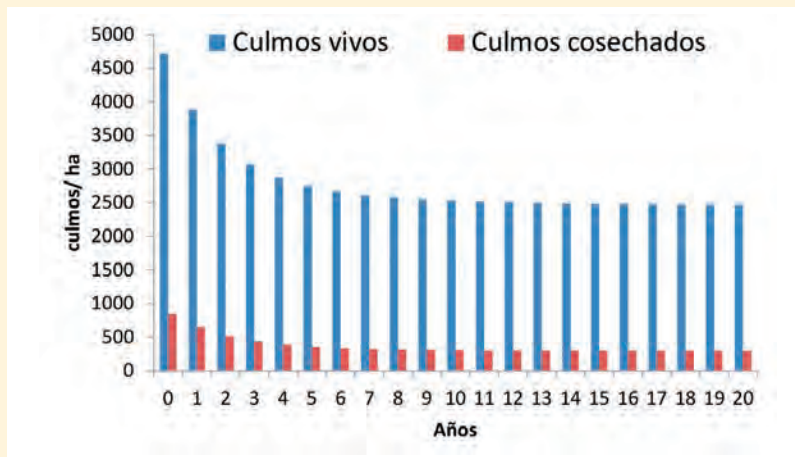


Figura 2. Culmos vivos y cosechados con un régimen de cosecha anual del 25% del total de culmos comerciales en Finca Yarima, Pereira, Colombia (densidad inicial: 5211 culmos/ha)

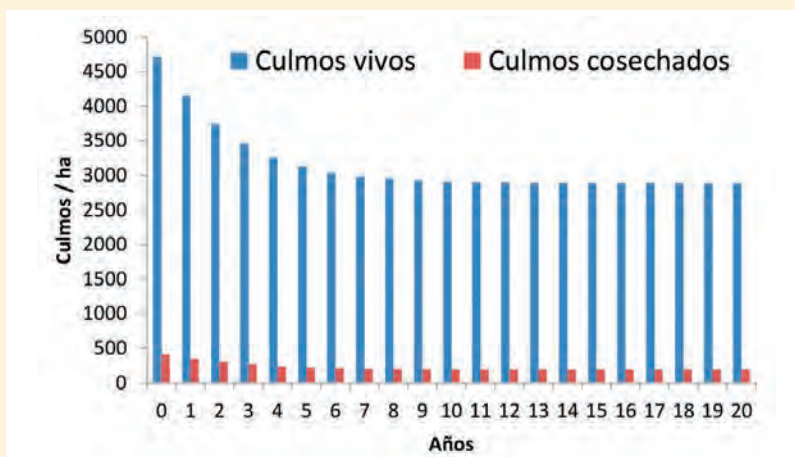


Figura 3. Culmos vivos y cosechados con un régimen de cosecha anual del 12% del total de culmos comerciales en Finca Yarima, Pereira, Colombia (densidad inicial: 5211 culmos/ha)

sino también para la cuantificación del potencial que tiene el bambú para la captura de carbono (Yiping et al. 2010). El hecho de realizar un inventario adecuado implica evitar la subestimación o sobrestimación del contenido de carbono. En este sentido, aspectos como la madurez de los culmos, las diferentes dimensiones, el patrón de crecimiento y el hecho de que los culmos tienen ciclos de vida relativamente cortos (alrededor de diez años en bosque maduros) son también fundamentales para generar estimaciones precisas (Camargo et al. 2010). En plantaciones de bambú, la dinámica descrita implica consideraciones distintas y valores del contenido de carbono que difieren considerablemente de los encontrados en bosques maduros.

Conclusiones

Para garantizar la disponibilidad de información adecuada para la toma de decisiones de manejo y para la cuantificación de variables y factores asociados a los bosques y plantaciones de bambú es necesario hacer inventarios que consideren sus características específicas y las limitaciones asociadas. El manejo del bambú en plantaciones difiere del manejo en bosques naturales. En plantaciones, los esfuerzos de manejo silvicultural se deben centrar en los cambios en la cantidad y dimensiones de los culmos, antes de alcanzar la madurez como plantación. En bosques adultos, el enfoque bajo régimen de cosecha implica mantener el equilibrio para garantizar una producción sostenida y evitar la degradación o el aumento de

la susceptibilidad a eventos externos. La madurez de los culmos cosechados se resalta como un factor relevante para garantizar la calidad de la materia prima obtenida de estos bosques.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias a los aportes del proyecto "Innovación tecnológica para la optimización de procesos y la estandarización de productos en empresas rurales con base en la guadua: Una contribución para el fortalecimiento de la competitividad de la cadena productiva de la Guadua en el Eje Cafetero de Colombia", financiado por Colciencias (Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia), la empresa Yarima Guadua E.U. y la Universidad Tecnológica de Pereira.

Literatura citada

- Akça, A. 2000. Forest inventory. Institute of Forest Management and Yield Science. University of Göttingen, Germany, University of Göttingen. 191 p.
- Camargo, J.C. 2006. Growth and productivity of the bamboo species *Guadua angustifolia* Kunth in the Coffee Region of Colombia. Ph.D. Thesis. Göttingen, Deutschland, Göttingen Universität. 205 p.
- Camargo, J.C. 2014. Defining growth and quality of guadua bamboo culms: a case study of guadua bamboo forests, Colombia. *Journal of Tropical Forest Science* 26(2): 218-224.
- Camargo, J.C.; Arango, A.M. 2014. Silvicultura e inventarios de plantaciones y bosques naturales de bambú. *In: Simposio internacional Guadua-Bambú: consolidando el sector con innovación y sostenibilidad* [2. Memorias. Bogotá, Col. 4 al 6 de agosto 2014]. Universidad Nacional de Colombia, Pontificia Universidad Javeriana y Corpoica. p. 161-167.
- Camargo, J.C.; Arango, A.M.; Rodríguez, J.A. 2010. Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* 61: 80-88.
- Camargo, J.C.; Cardona, G. 2005. Análisis de fragmentos de bosque y guaduales; enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Pereira, Colombia, CIPAV-CATIE-BANCO MUNDIAL-GEF-LEAD. Informe de proyecto no publicado. 38 p.
- Camargo, J.C.; García, J.H.; Morales, T. 2008. Bases para la planificación y manejo silvicultural de bosques de guadua: una aplicación nivel de finca en la zona cafetera de Colombia. Pereira, Colombia, UTP. 86 p.
- Camargo, J.C.; Kleinn, C. 2010. Length curves and volume functions for Guadua bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth) for the coffee region of Colombia. *European Journal of Forest Research* 129(6): 1231-1222.
- Camargo, J.C.; Rodríguez, J.A.; Niño, J.; Mosquera, O.M.; Ríos, A.M.; Cortes, Y.J.; Quintero, H.; Henao, E.; Monroy, M.; Arango, A.M.; Suarez, J.D. 2011. Desarrollo tecnológico para optimizar la calidad de los productos obtenidos de bosques de guadua: definiendo la madurez de los culmos y mejorando los procesos de organización. Pereira, Risaralda, Publprint. 137 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2005. World Bamboo Resources – a thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Rome, Italy.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006. Tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina y el Caribe. Roma, Italia. <http://www.fao.org/docrep/009/a0470s/a0470s00.htm#TopOfPage>
- Hunter, I.R. 2003. Bamboo resources, uses and trade: the future? *Journal of Bamboo and Rattan* 2(4): 319.
- Judziwicz, E.J.; Clark, L.G.; Londoño, X.; Stern, M. 1999. American bamboos. Washington, D.C. Smithsonian Institute. 392 p.
- Kleinn, C.; Morales, D. 2006. An inventory of Guadua (*Guadua angustifolia*) bamboo in the Coffee Region of Colombia. *European Journal of Forest Research* 125(4): 361-368.
- Lillo-Saavedra, M.; Gonzalo, C. 2008. Aplicación de la metodología de fusión de imágenes multidirección-multiresolución (MDMR) a la estimación de la turbidez en lagos. *Información Tecnológica* 19(5): 137-146.
- Lobovikov, M.; Paudel, S.; Piazza, M.; Ren, H.; Wu, J. 2007. World bamboo resources: A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Rpm, Italia, FAO. 73 p. (Non-wood forest products 18).
- Londoño, X. 1990. Aspectos sobre la distribución y ecología de los bambúes de Colombia (Poaceae: Bambusoideae). *Caldasia* 16(77): 139-153.
- Morales, T. 2005. Modelo SILVCAMARK 1.1. M.Sc. Thesis. Göttingen, Germany, University of Göttingen. 79 p.
- Rijal, B. 2006. Methodological assessment of sample based bamboo management inventory in Colombia. M.Sc. Thesis. Göttingen, Germany, University of Göttingen. 79 p.
- Rodríguez, J.A.; Camargo, J.C. 2010. Determinación en campo de la madurez de los culmos de *Guadua angustifolia* en el Eje Cafetero de Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente* 61: 95-103.
- Schumacher, N. 2006. Spatial distribution of the bamboo species *Guadua angustifolia* Kunth in the coffee region of Colombia. Thesis M. Sc. Göttingen, Germany, University of Göttingen. 93 p.
- Yiping, L.; Yanxia, L.; Buckingham, K.; Henley, G.; Guomo, Z. 2010. Bamboo and climate change mitigation. Red Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR). Technical Report No. 32.