

Biomasa y carbono en *Guadua angustifolia* y *Bambusa oldhamii* en dos comunidades de la sierra Nororiental de Puebla, México

Juan Francisco Aguirre-Cadena¹, Benito Ramírez-Valverde^{1*}, Jorge Cadena-Iñiguez², José Pedro Juárez-Sánchez¹, Laura Caso-Barrera¹ & Daniel Martínez-Carrera¹

1. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Km.125.5 Carretera Federal México Puebla, Santiago Momoxpan, San Andrés Cholula, Puebla, México; aguirre.juanf@gmail.com, bramirez@colpos.mx, pjuarez@colpos.mx, lauracaso2004@yahoo.com, dcarrera@colpos.mx
2. Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí, Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México; jocadena@colpos.mx

* Correspondencia

Recibido 21-V-2018. Corregido 16-VIII-2018. Aceptado 04-X-2018.

Abstract: Biomass and carbon of *Guadua angustifolia* and *Bambusa oldhamii* in two communities of the Nororiental Sierra of Puebla, México. The increase of CO₂ in the atmosphere can be reduced by capturing them through the photosynthetic process, with special emphasis on fast growing perennial species such as bamboo. The objective of the present study was to quantitatively evaluate the aerial biomass and estimate the carbon content for the species *Guadua angustifolia* Kunth and *Bambusa oldhamii* Munro, in commercial plantations established in communities of the Northeast Sierra of Puebla, Mexico. The estimation of population and aerial biomass for both species is tended by a selection of 10 % of plants in one hectare. The samplings were carried out from June 2016 to September 2017. For the plantation of *B. Oldhamii* Munro, the number of culms per plant gradually increased towards the most recent generations, from 3.6 stems in the most adult cohort to 4.5 in the youngest. The diameter of the stems and their average height show a gradual increase from the older cohorts to the recent cohorts. The total aerial biomass estimated in the plantation of *B. oldhamii* Munro was 103 403 48 Mgha-1 distributed in the asses of the four years. The total aerial biomass estimated in the plantation of *G. angustifolia* Kunth is 47 665 11 Mgha-1.

Key words: culms; diameter; carbon fraction; cohort; peasant.

Aguirre-Cadena, J. F., Ramírez-Valverde, B., Cadena-Iñiguez, J., Juárez-Sánchez, J. P., Caso-Barrera, L., & Martínez-Carrera, D. (2018). Biomasa y carbono en *Guadua angustifolia* y *Bambusa oldhamii* en dos comunidades de la sierra Nororiental de Puebla, México. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1701-1708.

Existen evidencias que el efecto invernadero es producto del incremento de las emisiones de gases generadas por el hombre (IPCC, 2000), el CO₂ ha incrementado de 280 a 375 mg.kg⁻¹ en la atmósfera en los últimos 200 años y continúa el aumento a una tasa anual superior a 1.5 mg.kg⁻¹ (White, Velarde, Alegre, & Tomich, 2005), especialmente por actividades antrópicas en combinación con eventos naturales que inciden sobre la disminución de la

vegetación. También al disminuir la vegetación también se merma su capacidad para incorporar el carbono al proceso fotosintético en los diferentes órganos de las plantas. La fotosíntesis es una estrategia para disminuir el CO₂ en el ambiente, con especial énfasis en algunas especies perennes de amplia distribución y rápido crecimiento, como: *Dendrocalamus latiorus* (Munro) var. *latiorus* (Lin), *Guadua angustifolia* Kunth, *G aculeata* (Rupr. ex E. Fourn)

y *Phyllostachys heterocyclus* var. *pubescens* (J. Houz) (Lobovikov, Paudel, Piazza, Ren, & Wu, 2007).

Algunas especies de bambú tienen altas tasas de crecimiento de 7.5 a 100 cm por día (Buckingham et al., 2011) que favorecen la acumulación de carbono orgánico (Lobovikov, Schoene, & Lou, 2012) en cantidades sustanciales para mitigar los efectos del cambio climático (Nath, Lal, & Das, 2015). Se ha demostrado con *P. pubescens* en China donde presenta diferente capacidad de fijación de carbono con 31 Mg.ha⁻¹ (Yiping, Yanxia, Breckingham, Henley & Guomo, 2011), 37 Mg.ha⁻¹ (Huaqiang et al., 2011) a 40 Mg.ha⁻¹ (Zhang, et al., 2014) al año. En Taiwán con *P. heterocyclus* se cita fijación anual de 41 Mg.ha⁻¹ y con *P. makinoi* Ohwi de 50 Mg.ha⁻¹ (Yen & Lee, 2011). En India con *D. strictus* (Roxb.) Nees se consignan 30 Mg.ha⁻¹ (Singh & Singh, 1999), con *Pseudostachyum polymorphum* Munro 23 Mg.ha⁻¹ y con *Schizostachyum dulloa* (Gamble) 21 Mg.ha⁻¹ (Singnar et al., 2017).

Bambusa oldhamii Munro fija 51.98 Mg.ha⁻¹ de carbono al año en México (Castañeda, Vargas, Gómez, Valdez, & Vaquera, 2005), en Bolivia 27.53 Mg.ha⁻¹ (Rojas-Quiroga et al., 2013) y en Costa Rica 46.91 Mg.ha⁻¹ (Elizondo-Briceño et al., 2016). En Colombia *G. angustifolia* Kunth fija 20.9 Mg.ha⁻¹ de carbono (Camargo et al., 2010), mientras que otros autores citan amplia escala de fijación de 24.6 a 51.98 Mg.ha⁻¹ (Arango & Camargo, 2010), o bien, 54 Mg.ha⁻¹ (Riaño, Londoño, López, & Gómez, 2002). Con base en lo anterior, se evaluó cuantitativamente la biomasa aérea de *G. angustifolia* y *B. oldhamii*, para determinar la tasa de secuestro de carbono y caracterizar los principales rasgos de manejo de bambú en comunidades de los municipios de Teziutlán y Hueytamalco, Puebla, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló con dos especies y dos localidades. La primera con *B. oldhamii* en el Rancho La soledad del municipio de Teziutlán, Puebla, México (19°46'

- 19°58' N & 97°19' - 97°25' W) a 1600 m de altitud con clima templado húmedo, precipitación promedio de 2350 mm anuales, temperatura media de 18 °C y suelos Andosoles. *G. angustifolia*, se estudió en el Rancho El bambusal, comunidad Loma Alta, en Hueytamalco, Puebla, México (19°51' - 20°12' N & 97°12' - 97°23' W) a 582 m de altitud. El clima es semicálido húmedo con lluvias en verano, la precipitación promedio anual es de 2000 mm y la temperatura media de 22 °C con suelos regosoles (INEGI, 2010). Las especies presentan patrones de crecimiento diferentes en el rizoma. En *G. angustifolia* Kunth es monopodial y en *B. oldhamii* Munro es simpodial. Estos atributos fueron estudiados con metodologías distintas en cada especie.

Tamaño de muestra y variables: En ambas especies, la estimación de población y distribución de biomasa aérea se obtuvo a una selección del 10 % de una densidad de 400 plantas en una hectárea (ha), a las cuales se registró diámetro de tallo (cm) a 1.3 m de altura; tomando en cuenta el establecimiento del cultivo el año 2011. Los muestreos comenzaron el año 2016 cuando la planta ya tenía una edad comercial de 5 años, considerando el año 2016 como año uno para los diámetros comerciales de los culmos. La altura de las plantas se determinó mediante el equipo Field Map Data Collector (IFER-Monitoring and Mapping Solutions, Ltd, Republica Checa).

La estimación de la densidad de *B. oldhamii* Munro en la plantación establecida en 2011 se obtuvo con los datos de 40 individuos con follaje maduro tomados al azar en los culmos como indicador de máximo crecimiento. En *G. angustifolia* Kunth se determinó en una muestra de 400 plantas y se consideró el número de culmos que emergieron en el año 1 (2016). A través de la relación del diámetro y el año de la planta se calculó la biomasa total de ambas especies para estimar el coeficiente de regresión por el modelo $Y = \alpha D^{\beta}$ (Castañeda et al., 2005).

Para ambas especies se aplicó el ajuste propuesto por Baskerville (1972) para eliminar el sesgo asociado a la transformación

logarítmica del modelo, que expresado nuevamente en escala aritmética se define como:

$$Y_{ci} = e^{(\alpha + \beta \ln(D) + CME/2)}$$

(Wiant & Harner, 1979)

Donde Y_{ci} es la biomasa calculada del i ésimo componente, e es la base del logaritmo natural y CME es el cuadrado medio del error calculado por componente y edad.

Los parámetros usados para obtener biomasa en *B. oldhamii* Munro fueron constantes, pendientes y valores de R^2 para las ecuaciones de biomasa total. En *G. angustifolia* Kunth se utilizaron parámetros que relacionaron la biomasa seca de tallos, ramas y follaje (Cuadro 1).

RESULTADOS

La distribución de los culmos en el terreno fue diferente por especie (e.g. *G. angustifolia* y *B. oldhamii*) debido a sus diferencias en morfología y crecimiento (Fig. 1). La densidad de culmos en *G. angustifolia* fue de 3 300 ha^{-1} , la cual y ésta densidad de población que representa un valor intermedio en plantaciones comerciales establecidas.

La biomasa en brotes con el mismo diámetro se incrementó. Se incrementó la biomasa en brotes con el mismo diámetro en *B. oldhamii* en comparación a *G. angustifolia*. Además, se presentó relación de crecimiento definido por edades y diámetro en las dos especies. En el primer año, los culmos estuvieron definidos por edades más tempranas en *G. angustifolia* hasta alcanzar la madurez final, es decir, el diámetro no cambió con el tiempo.

El crecimiento simpoidal de *B. oldhamii* aumentó su dinámica de crecimiento y en consecuencia la densidad de plantas a través del tiempo. Después de 2 años se incrementó 24 % el número de culmos. Sin embargo, en el año tres, el aumento representó 110 % con relación al año anterior, y en el cuarto año, disminuyó la emisión de tallos a un nivel inferior a la población inicial (Fig. 2). La extracción de culmos abre espacio para el desarrollo de nuevos brotes y se refleja en aumento de sus dimensiones, también se incrementa el intervalo dimétrico de la especie hasta el año 1, con diámetros de 10 cm. En especies de bambú de tipo simpodial, los culmos jóvenes son más productivos que los viejos, por lo que esta condición genera la recomendación de no cosechar los culmos menores de cuatro años de edad.

CUADRO 1

Constantes, parámetros y valores de R^2 para las ecuaciones de biomasa aérea de *B. oldhamii* y *G. angustifolia*

TABLE 1

Constants, parameters and values of R^2 for the aerial biomass equations of *B. oldhamii* and *G. angustifolia*

Coeficientes usados para <i>B. oldhamii</i> *				
Edad (años)	Alfa	Beta	CME	R^2
1	6.85	1.24	0.0142	0.77
2	5.75	1.84	0.0112	0.79
3	5.07	2.23	0.0144	0.95
4	6.02	1.64	0.0153	0.87
Parámetros y valores para <i>G. angustifolia</i> **				
Estructura de la planta	Alfa	Beta	CME	R^2
Tallos	2.6896	0.961	0.0478	0.9524
Ramas	0.0510	1.443	0.1214	0.8762
Follaje	9.4×10^{-6}	4.027	0.3665	0.7153
Total	2.2311	1.059	0.0508	0.9480

*(Castañeda et al., 2005); **(Riaño et al., 2002).

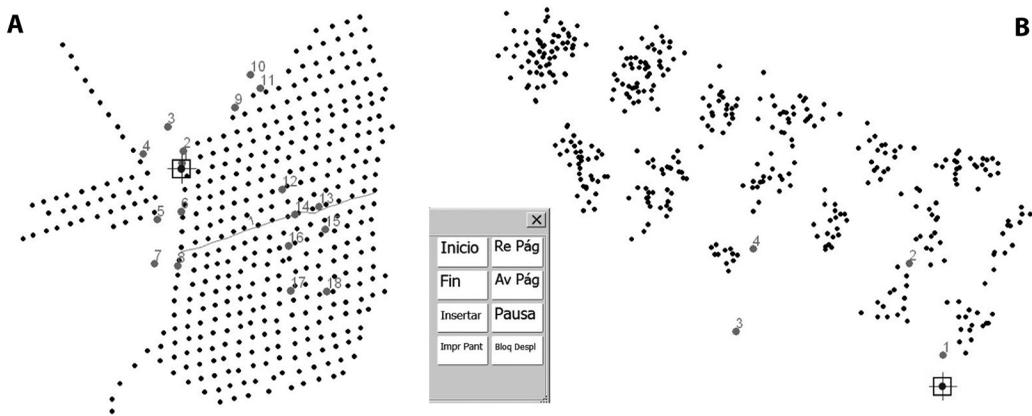


Fig. 1. (A) Distribución de los culmos de *B. oldhamii*, en Rancho la Soledad, y *G. angustifolia* (B) Rancho el Bambusal, Puebla, México.

Fig. 1. (A) Distribution of the culms of *B. oldhamii*, in Rancho la Soledad, and *G. angustifolia*. (B) Rancho el Bambusal, Puebla, Mexico.

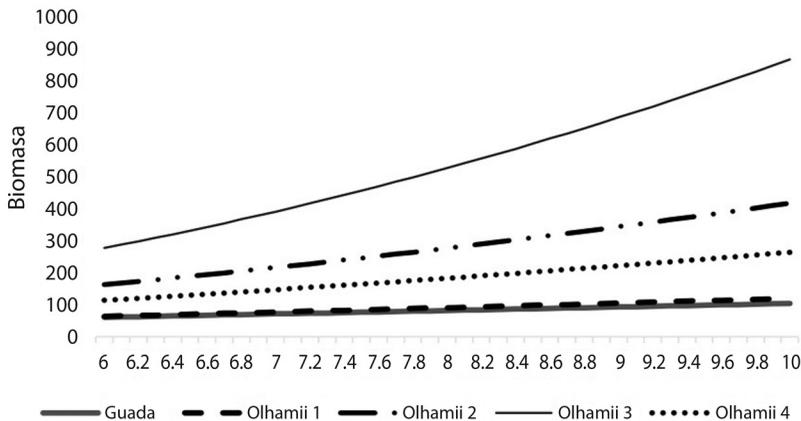


Fig. 2. Relación del diámetro y biomasa de *G. angustifolia* y *B. oldhamii* en plantaciones forestales de Puebla, México.
Fig. 2. Relation of the diameter and biomass of *G. angustifolia* and *B. oldhamii* in forest plantations of Puebla, Mexico.

Disminuyeron los culmos en *B. oldhamii* después del año cuatro de siembra a este tiempo, la relación diámetro-biomasa está por debajo de la curva de crecimiento de los años anteriores. En cambio, las plantas jóvenes incrementan el desarrollo de ramas laterales. *B. oldhamii* produce más biomasa en comparación a *G. Angustifolia* y *B. oldhamii* incrementa su crecimiento dimétrico culmo por culmo.

El número de culmos por planta aumentó gradualmente hacia las generaciones más recientes, pasó de 3.96 en la cohorte más adulta

(cuatro años de edad) a 4.5 en la más joven (un año de edad) (Cuadro 2). El crecimiento del diámetro en los culmos de *B. oldhamii* fue exponencial durante los tres primeros años después de la siembra (Fig. 3 a), sin embargo, a este tiempo, el crecimiento de la población no alcanza la estabilidad (Fig. 3 b), el culmo continúa creciendo y es característico en plantaciones jóvenes.

La biomasa aérea total estimada de *B. oldhamii* con base a la ecuación de Castañeda et al., (2005) fue de 10 340 348 Mgha⁻¹ distribuida

CUADRO 2

Promedios de los culmos de *B. oldhamii* en cuatro cohortes en Teziutlán Puebla, México

TABLE 2

Averages of the culms of *B. oldhamii* in four cohorts in Teziutlán Puebla, México

Variable	Edad de culmo (años)			
	4 (2013)	3 (2014)	2 (2015)	1 (2016)
Culmos planta ⁻¹	3.96	12.05	5.71	4.57
Culmos ha ⁻¹	120	470	223	184
Diámetro (cm planta ⁻¹)	4.96	6.3	7.49	7.33
Intervalo diamétrico	(1.7-6.6)	(4.1-8.9)	(4.3-9.7)	(2.6-10)
Altura (m planta ⁻¹)	9.06	14.65	18.05	17.4
Intervalo en altura	(7.4-4.6)	(12.3-8.8)	(14.8-21.5)	(13.9-0.45)

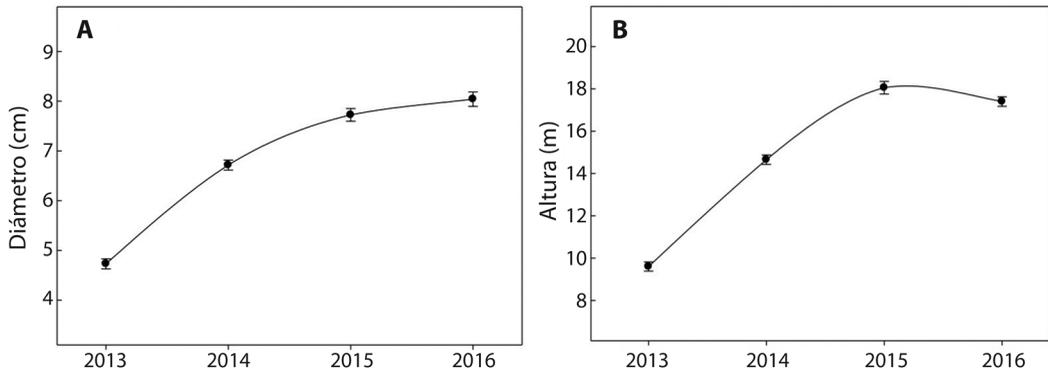


Fig. 3. Diámetro y altura de los culmos de *Bambusa oldhamii* en los últimos cuatro años, en plantaciones ubicadas en Teziutlán Puebla, México.

Fig. 3. Diameter and height of the culms of *Bambusa oldhamii* in the last four years, in plantations located in Teziutlán Puebla, México.

en culmos de los cuatro años. Lo anterior representó acumulación promedio de 25 Mgha⁻¹ por año. La biomasa aérea total estimada con base en la ecuación de Riaño et al., (2002) en la plantación de *G. Angustifolia* fue de 47 665 11 Mgha⁻¹. Para ambos casos y de acuerdo con Brown (1997), quien cita que la biomasa total acumula 50 % del carbono en tejido vegetal, se estimó, que la cantidad de carbono retenida y calculada en la parte aérea de la plantación de *B. oldhamii* sería de 12.5 Mgha⁻¹, y para *G. Angustifolia* de 23.8 Mgha⁻¹ por año.

DISCUSIÓN

La densidad de culmos en *G. angustifolia* representa un valor intermedio en otras

plantaciones establecidas, con valores de 1 000 hasta 8 000 culmos ha⁻¹ (Riaño et al., 2002). Sin embargo, la densidad cambia con el tiempo al incorporarse más culmos cada año (Riaño et al., 2002), como sucede con *B. oldhamii* por su desarrollo simpodial (Castañeda et al., 2005). Las diferencias encontradas en los niveles de población, sugieren un proceso de regulación natural por parte de la planta a través del tiempo.

La disminución de culmos en *B. oldhamii* después del año cuatro de siembra es probable que se deba a la competencia por espacio lateral en las plantaciones y la concomitante disminución de la actividad fotosintética. A este tiempo, la relación diámetro-biomasa está por debajo de la curva de crecimiento de los años

anteriores. No obstante, las plantas jóvenes incrementan el desarrollo de ramas laterales y la distribución de la biomasa está influenciada por la disponibilidad de la luz y la edad de las especies (Anten & Hirose, 1998). *B. oldhamii* produce más biomasa en comparación a *G. Angustifolia* y *B. oldhamii* incrementa su crecimiento dimétrico. El efecto anterior sugiere, mayor fijación de carbono e incremento de biomasa aérea y radical (Fig. 2).

El crecimiento diferencial entre altura y diámetro del culmo en las dos especies estuvo definido por la edad. En el primer año en *G. angustifolia* el diámetro no varió y este comportamiento se atribuye a la ausencia de crecimiento secundario (Judziewicz, 1999). Resultados semejantes a los encontrados en esta investigación cita Cusack (1997) con alturas de 18 m y diámetros de 10 cm en la misma especie. En cambio, en *B. oldhamii* se incrementó de manera exponencial durante los tres primeros años. Este crecimiento es característico de plantaciones jóvenes (Chrystanty, Mailly, & Kimmins, 1996), pero con altura inferior entre 6 y 9 m y diámetros de 5 a 6 cm en los culmos de *B. oldhamii* (Shilin, Naixun, & Maoyi, 1994). Es probable que el incremento contrastante en crecimiento en la misma especie esté influenciado en condiciones ambientales en cada región.

La cantidad de biomasa aérea y los valores de Carbono almacenado calculados en la parte aérea para ambas especies está dentro de las cantidades registradas otros autores (Kleinhenz & Midmore, 2001; Arango & Camargo, 2010) con variaciones locales influenciadas por condiciones bióticas y abióticas, edad y densidad de la población. El rápido crecimiento de las dos especies y la aceptación local en la Sierra Nor Oriental de Puebla permite considerarlas como sumidero de carbono, además, aumenta las posibilidades de usos y aplicaciones de la planta.

En el presente trabajo se demuestra que las plantaciones comerciales de bambú en la Sierra Nor Oriental de Puebla, que utilizan especies como *G. Angustifolia* y *B. oldhamii* por su facilidad de manejo y tradición. El crecimiento

simpodial de *B. Oldhamii* permite pronosticar su crecimiento con facilidad. Tomando en cuenta que *B. Oldhamii* es una especie introducida en la zona hace más de 15 años, ha desarrollado un papel importante en el desarrollo económico de la zona por su facilidad de manejo y capacidad de almacenar carbono; estas especies pretenden ser el potencial económico de la zona mediante las distintas formas de aprovechamiento del bambú.

Con los resultados obtenidos de la biomasa aérea total estimada en la plantación de *B. oldhamii* de 103 403 48 Mg ha⁻¹ distribuida en los culmos de los cuatro años y los concomitantes beneficios potenciales al ambiente a medida que aumenta su diámetro, presenta diferencia notable en comparación con *G. Angustifolia* que logra 50 % menos biomasa aérea total estimada. Lo anterior permite proponer a *B. oldhamii* en la zona como especie promisoría de bambú para disminuir las concentraciones de carbono.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de cualquier tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. El documento firmado se encuentra en los archivos de la revista.

RESUMEN

El incremento de CO₂ en la atmósfera puede disminuir mediante su captura por plantas a través del proceso fotosintético, con especial énfasis en especies perennes de rápido crecimiento como los bambús. El objetivo fue evaluar cuantitativamente la biomasa aérea y estimar el contenido de carbono para las especies *Guadua angustifolia* y *Bambusa oldhamii*, en plantaciones comerciales establecidas en dos comunidades de la Sierra Nororiental de Puebla, México. La estimación de población y biomasa aérea para ambas especies se obtuvo mediante una selección del 10 % de plantas en una hectárea. Los muestreos se realizaron de junio 2016 a septiembre 2017. Para la plantación de *B. oldhamii*, el número de culmos por planta aumentó gradualmente hacia las generaciones más recientes, de 3.6 tallos en la cohorte más adulta a 4.5 en la más joven. El diámetro de los tallos y su altura promedio presenta aumento gradual de las cohortes de mayor edad a las más recientes. La biomasa

aérea total estimada en la plantación de *B. oldhamii* fue de 10340348 Mg.ha⁻¹ distribuida en los culmos de los cuatro años. La biomasa aérea total estimada en la plantación de *G. angustifolia* es 47 665 11 Mg.ha⁻¹.

Palabras clave: culmos; diámetro; fracción de carbono; cohorte; campesino.

REFERENCIAS

- Anten, N. P., & Hirose, T. (1998). Biomass allocation and light partitioning among dominant and subordinate individuals in *Xanthium canadense* stands. *Annals of Botany*, 82, 665-673.
- Arango, A., & Camargo, J. C. (2010). Bosques de guadua del Eje Cafetero de Colombia: oportunidades para su inclusión en los mercados de carbono y en el programa redd+. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 77-85. DOI: 10.13140/RG.2.1.3491.0569
- Baskerville, G. L. (1972). Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forest Research*, 2, 49-53. DOI: 10.1139/x72-009
- Brown, S. (1997). *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer*. FAO Forest Paper 143. Roma: FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e00.htm>
- Buckingham, K., Jepson, P., Wu, L., Ramanuja Rao, I. V., Jiang, S., Liese, W., Lou, Y., & Fu, M. (2011). The potential of bamboo is constrained by outmoded policy frames. *Ambio*, 40, 544-548. DOI: 10.1007/s13280-011-0138-4
- Camargo, J., Chará, J., Giraldo, L. P., Chará, M., & Ximena, G. (2010). Beneficios de los corredores ribereños de *Guadua angustifolia* en la protección de ambientes acuáticos en la Ecorregión cafetera de Colombia. Efectos sobre las propiedades del suelo. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 53-59. DOI: 10.13140/RG.2.1.3491.0569
- Castañeda, A., Vargas, J., Gómez, A., Valdez, J., & Vaquera, H. (2005). Acumulación de carbono en la biomasa aérea en una plantación de *Bambusa oldhamii*. *Agrociencia*, 30(1), 107-113.
- Chrystanty, L., Maily, D., & Kimmins, J. P. (1996). Without bamboo, the land dies: Biomass, litterfall, and soil organic matter dynamics of a Javanese bamboo talunkebun system. *Forest Ecology Management*, 87, 75-88. DOI: 10.1016/S0378-1127(96)03834-0
- Cusack, V. (1997). *Bamboo Rediscovered*. Trentham, Victoria: Earth Garden Books. Recuperado de <http://trove.nla.gov.au/work/24676120?q&versionId=45621233>
- Elizondo-Briceño, E., Barquero, V., Fonseca, V. L., Bonilla, G. M., & Segura, E. E. (2016). *Potencial de crecimiento y almacenamiento de carbono en plantaciones de bambú Guadua (Guadua angustifolia) en la Zona Sur de Costa Rica*. Primer congreso de bambú, México. Recuperado de <https://1ercongresobambu.files.wordpress.com/2017/02/elemer-bricec3b1o-potencial-de-crecimiento-y-almacenamiento-de-carbono-en-plantaciones-de-bambuc3ba-guadua-en-la-zona-sur-de-costa-rica.pdf>
- Huaqiang, D., Guomo, Z., Hongli, G., Wenyi, F., Xiaojun, X., Weiliang, F., & Yongjun, S. (2011). Satellite-based carbon stock estimation for bamboo forest with a non-linear partial least square regression technique. *International Journal of Remote Sensing*, 33(6), 1917-1933. DOI: 10.1080/01431161.2011.603379
- INEGI. (2010). *Marco Geoestadístico 2010* (Versión 4.3). Teziutlán, Puebla: Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2000). *Land use, Land-use Change and Forestry*. Cambridge, U. K.: Cambridge University, Press. Recuperado de http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/land_use/index.php?idp=0
- Judziewicz, E. J., Clark, L. G., Londoño, X., & Stern, J. M. (1999). *American Bamboos*. Washington, D. C.: Smithsonian Institution Press.
- Kleinhenz, V., & Midmore, D. J. (2001). Aspects of bamboo agronomy. *Advances in Agronomy*, 74, 99-149.
- Lobovikov, M., Paudel, S., Piazza, M., Ren, H., & Wu, J. (2007). *World Bamboo Resources*. Rome, Italy: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/010/a1243e/a1243e00.htm>
- Lobovikov, M., Schoene, D., & Lou, Y. (2012). Bamboo in climate change and rural livelihoods. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 17(3), 261-276. DOI: 10.1007/s11027-011-9324-8
- Nath, A. J., Lal, R., & Das, A. K. (2015). Managing woody bamboos for carbon farming and carbon trading. *Global Ecology and Conservation*, 3, 654-663. DOI: 10.1016/j.gecco.2015.03.002
- Riaño, N. M., Londoño, X., López, Y., & Gómez, J. H. (2002). Plant growth and biomass distribution on *Guadua angustifolia* Kunth in relation to ageing in Valle del Cauca-Colombia. *Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society*, 16(1), 43-51.
- Rojas-Quiroga, R., Li, T., Lora, G., & Andersen, L. (2013). *A measurement of the carbon sequestration potential of Guadua angustifolia in the Carrasco National Park, Bolivia* (Development Research Working Paper series, no. 04/2013). La Paz, Bolivia: Institute for Advanced Development Studies. Recuperado de http://www.inesad.edu.bo/pdf/wp2013/wp04_2013.pdf

- Shilin, Z., Naixun, M., & Maoyi, F. (1994). *A Compendium of Chinese Bamboo*. Nanjing, China: China Forestry Publishing House.
- Singh, A. N., & Singh, J. S. (1999). Biomass, net primary production and impact of bamboo plantation on soil redevelopment in a dry tropical region. *Forest Ecology and Management*, 119, 195-207. DOI: 10.1016/S0378-1127(98)00523-4
- Singnar, P., Das, C. M., Sileshi, W. G., Brahma, B., Nath, J. A., & Das, K. A. (2017). Allometric scaling, biomass accumulation and carbon stocks in different aged stands of thin-walled bamboos *Schizostachyum dullooa*, *Pseudostachyum polymorphum* and *Melocanna baccifera*. *Forest Ecology and Management*, 395, 81-91. DOI: 10.1016/S0378-1127(17)30599-6
- White, D., Velarde, S. J., Alegre, J. C., & Tomich, T. P. (2005). *Alternatives to Slash-and-Burn (ASB) in Peru, Summary Report and Synthesis of Phase II. Alternatives to Slash-and-Burn Programme, Nairobi, Kenya*. Kenya: Consultative Group on International Agricultural Research. Recuperado de <http://www.asb.cgiar.org>
- Wiant, H. V. & Harner, E. J. (1979). Percent bias and standard error in logarithmic regression. *Forest Science*, 25(1), 167-168.
- Yen, T. M., & Lee, J. S. (2011). Comparing above-ground carbon sequestration between moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla*) and China fir (*Cunningham lanceolata*) forests based on the allometric model. *Forest Ecology and Management*, 261, 995-1002. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.12.015
- Yiping, L., Yanxia, L., Breckingham, K., Henley, G., & Guomo, Z. (2011). Bamboo and climate change mitigation. International Network for Bamboo and Rattan (Inbar). Technical report no 32. Beijing, China: The International Network for Bamboo and Rattan. Recuperado de www.inbar.int
- Zhang, H., Zhuang, S., Sun, Bo, Ji, H., Li, C., & Zhou, S. (2014). Estimation of biomass and carbon storage of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel ex Houz.) in southern China using a diameter-age bivariate distribution model. *Forestry*, 87, 674-668. DOI: 10.1093/forestry/cpu028