

Determinación de la huella de carbono de una empresa forestal productora de guadua

El caso de la empresa Yarima Guadua, Eje Cafetero de Colombia

Ángela María Arango Arango¹, Juan Carlos Camargo García²

Resumen

Los guaduales naturales, característicos en las riberas de los ríos y en la zona cafetera de Colombia, poseen una buena capacidad de almacenar dióxido de carbono; sin embargo, es necesario conocer acerca del manejo y aprovechamiento que se les da y cómo estos procesos generan emisiones al ambiente. El objetivo del trabajo consistió en describir los procesos de pre cosecha, cosecha y poscosecha llevados a cabo en la empresa para definir la huella de carbono y determinar su impacto en el medio ambiente. Los resultados muestran que si bien la huella de carbono es menor que la de otros cultivos, es necesario reducir el consumo de combustibles para disminuir las emisiones al ambiente.

Palabras clave: *Guadua angustifolia*; huella de carbono; gases de efecto invernadero; biomasa; dióxido de carbono; impacto ambiental; producción forestal; Colombia.

Abstract

Determining the carbon footprint of a forestry company producing bamboo; case study from the Colombian coffee region / the case of Yarima Guadua Company. Natural bamboo stands are characteristic on riverbanks and in the coffee region of Colombia. They have a good capacity to store carbon dioxide; however, it is necessary to study both their management and use to determine the amount of carbon emissions released. This study was aimed to describe the pre-harvest, harvest and post-harvest processes to define the carbon footprint and corresponding impact on the environment. The results showed that although the carbon footprint was smaller than that of other crops, it is necessary to short down fuel consumption to reduce emissions to the environment.

Keywords: *Guadua angustifolia*; carbon footprint; greenhouse gases; biomass; carbon dioxide; environmental impact; forestry production; Colombia.

¹ Estudiante de Maestría en Ecotecnología. Grupo de Investigación en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos. amarango@utp.edu.co

² Profesor Titular. Director Grupo de Investigación en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos. Universidad Tecnológica de Pereira. jupipe@utp.edu.co

Introducción

Las actividades productivas de las empresas por lo general generan diversas formas de contaminación que afectan el medio ambiente. Para dar solución a dicha problemática se proponen varios enfoques que abordan la responsabilidad ética, social y medioambiental, como parte del compromiso fundamental de la empresa. En este sentido, las soluciones pueden ir desde la regulación ambiental por parte de la autoridad competente, hasta el valor agregado a los productos y servicios, el cual puede traducirse en un incentivo por el uso de prácticas responsables que mejoren la productividad y disminuyan los efectos negativos sobre el medio ambiente (Argandoña 2003).

Las empresas de explotación forestal, como es el caso de Yarima Guadua, generan gases de efecto invernadero (GEI) durante los procesos de producción, cosecha y transformación. Con el fin de determinar la huella de carbono de una empresa es necesario medir y reportar las cantidades de GEI emitidas en cada etapa del proceso productivo. En este estudio de caso se informa de la determinación de la huella de carbono producida por la empresa Yarima Guadua, ubicada en el Eje Cafetero de Colombia. La huella de carbono es un indicador ambiental de uso generalizado en el ámbito internacional. Este indicador permite conocer la presión que generan las actividades desarrolladas por el ser humano sobre los ecosistemas; además, permite estimar los requerimientos en términos de recursos, cuantificar las entradas y salidas en cada uno de los procesos y determinar la capacidad de asimilación de desechos por parte de la empresa, región o país, expresada en áreas productivas o unidades de referencia (Carballo et al. 2008, Moreno 2005).

La huella de carbono se determina según la cantidad de GEI producidos, medidos en unidades

de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq). Este análisis abarca todas las actividades del ciclo de vida de un producto, desde la adquisición de la materia prima hasta la gestión como residuo. Una de las ventajas de la determinación de la huella de carbono es que el consumidor consciente puede decidir qué productos adquirir, teniendo como base la contaminación generada durante los procesos o transformaciones del producto (AEC 2006).

El objetivo de la medición y cuantificación de la huella de carbono es contribuir con los esfuerzos que se están realizando para mitigar el cambio climático. El cambio climático no solo es consecuencia de las actividades productivas sino también de fenómenos naturales (IPCC 2001). Así, se han definido dos categorías básicas para explicar el cambio climático: a) procesos sistémicos (perturbaciones) que pueden ocurrir en un sitio específico pero que tienen efecto en todo el planeta y b) procesos acumulativos de sustancias en diversos lugares que provocan perturbaciones al medio (IPCC 2001, Guerra 2007). En este contexto, temas como los recursos naturales, los mercados, la energía y el rol de las instituciones son de relevancia en la modificación paulatina del entorno (Guerra 2007), pues el cambio climático comprende relaciones complejas entre procesos climáticos, ambientales, económicos, políticos, institucionales, sociales y tecnológicos. La respuesta ante el cambio climático pasa por la adopción de decisiones en condiciones de incertidumbre y riesgo, lo que abarca cambios no lineales y/o irreversibles (IPCC 2001). Esto significa, entonces, que se desconoce la capacidad de resistencia y resiliencia de los ecosistemas afectados.

La medición de la huella de carbono permite determinar con exactitud el aporte de contaminantes generados por las actividades productivas de una empresa en par-

ticular y, por ende, su impacto en la salud del medio ambiente.

El estudio se realizó en la finca Yarima Guadua, ubicada en la vereda El Tigre, sector Cerritos, municipio de Pereira (Colombia). La finca cuenta con una certificación voluntaria del GFA, avalada por FSC; esta certificación se ratifica con visitas de auditoría cada año (Mejía 2010). Desde hace seis años, la empresa ofrece para la venta dos tipos de productos de guadua rolliza: culmos crudos o culmos secos y preservados.

Con el fin de medir la huella de carbono de la empresa, se identificaron las etapas de los procesos de extracción, transporte y entrega de guadua rolliza en la puerta de la finca (de la cuna a la puerta). La información se obtuvo mediante entrevistas y conversaciones con los trabajadores de la finca. Paralelamente, se realizó un muestreo de biomasa para determinar el contenido de carbono en los guaduales. Se siguieron los pasos metodológicos que se describen a continuación:

Descripción de procesos: del Plan de gestión ambiental de la empresa se identificaron los procesos que generan mayor cantidad de impactos; además, se realizaron visitas de campo y entrevistas semiestructuradas con la propietaria de la finca y los operarios.

Mapa de procesos: según el Plan de gestión ambiental de la empresa, la actividad productiva consta de tres grandes procesos: precosecha –básicamente, actividades de mantenimiento del guadual que ayudan a mejorar las condiciones y, a su vez, permiten una mayor regeneración de los guaduales-; cosecha –actividades realizadas para la extracción del culmo dentro del guadual: corta, troceo, apilado y avinagrado-; poscosecha -actividades llevadas a cabo fuera del guadual, tales como el transporte, lavado, preservación y secado de la guadua rolliza-. La Figura 1 ilustra las actividades que

componen el proceso de producción de guadua para la venta en finca Yarima Guadua, Colombia.

Estimación de las emisiones: se indagó sobre las prácticas productivas empleadas, uso de fertilizantes nitrogenados u otro tipo de fertilizantes, uso de combustibles fósiles para la operación de maquinaria y empleo de agua en el proceso de preservación. A los valores obtenidos mediante información primaria y secundaria se les aplicó el factor de conversión recomendado por IPCC (2006) y FAO (2014). También se tomó información de los residuos generados en los procesos, los cuales se consideran como fugas de CO₂.

Para identificar las posibles causas de las emisiones, se determinaron las entradas y salidas de los procesos de precosecha, cosecha y poscosecha. Las metodologías empleadas para cada uno de los procesos que generan algún tipo de impacto fueron las siguientes:

- Estimación de emisiones derivadas de la quema de combustible fósil y quema de madera: se emplearon las directrices del IPCC (2006) para el inventario de GEI (vol. 4: Agricultura y otros usos de la tierra) y las de la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia (UPME 2003) y los factores de emisión de

los combustibles colombianos. Las fuentes principales de información fueron la propietaria de la finca y el operario encargado del manejo del guadua.

- Consumo de energía eléctrica: se utilizó la NTC 6000 del 2013, el Protocolo GEI y el estándar corporativo de contabilidad y reporte. Las fuentes principales de información fueron la propietaria de la finca y el operario encargado del manejo del guadua.
- Generación de residuos: se adoptaron los valores ofrecidos por Daza et al. (2013) en un estudio de factibilidad de generación de *pellets* torreficados a partir de bio-

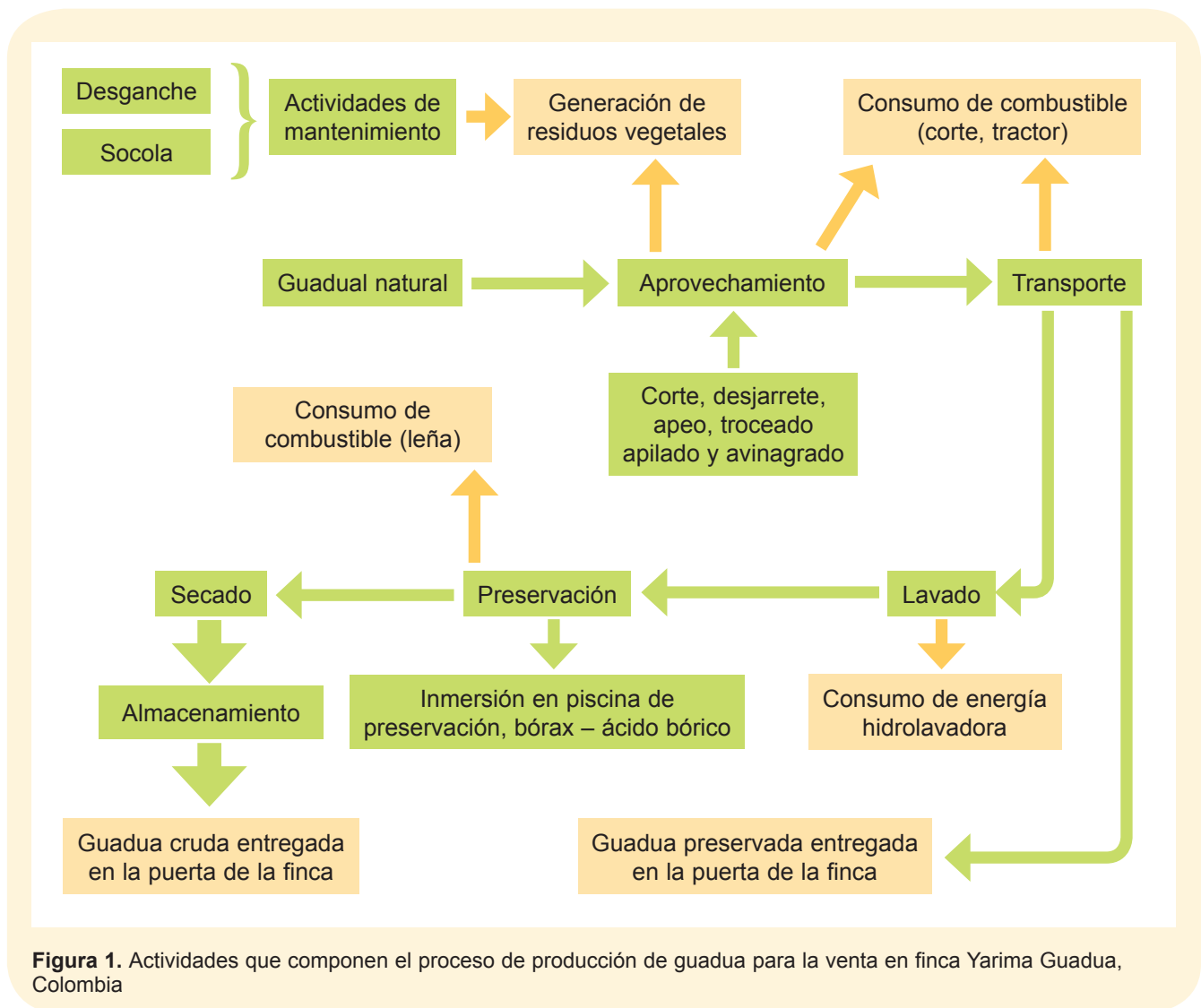


Figura 1. Actividades que componen el proceso de producción de guadua para la venta en finca Yarima Guadua, Colombia

masa residual de bambú; dicho estudio incluía a la finca Yarima.

■ Captura de carbono: según IPCC (2006), para estimar el cambio anual en las existencias de carbono se debe determinar la cantidad de biomasa actual y restar la pérdida de biomasa debida a cualquier tipo de perturbación (Ecuación 2.27). La captura de carbono en los rodales de guadua se estimó con el valor dado por Arango (2011) y se le restó el valor dado por Daza et al. (2013), en términos de residuos expresados en toneladas por hectárea (t/ha).

Cálculo de la huella de carbono: como unidad de referencia para el cálculo se usó un metro cúbico de guadua preservada (1 m³); los límites del sistema se establecieron desde el mantenimiento del guadual hasta la puerta de salida de la finca Yarima.

Resultados y discusión

Emisión de CO₂ por actividad
Para la estimación del CO₂ emitido durante cada uno de los procesos evaluados se tuvieron en cuenta las actividades detalladas en la Figura 1. Las actividades de mayor impacto fueron aquellas que generan residuos de cosecha (residuos vegetales). Daza et al. (2013) encontraron en diversos guaduales del Eje Cafetero una cantidad promedio de residuos de 11.095 toneladas -9,28 toneladas en la finca Yarima-. Para averiguar la cantidad de biomasa neta (aérea y subterránea) en los rodales de guadua de Yarima, se usó el valor de biomasa presente determinado por Camargo (2014) y se le restó la cantidad de residuos estimados por Daza et al. (2013). Esta operación arrojó un valor de 23,51 ton/ha de biomasa neta. Con este resultado se procedió a determinar el contenido de carbono.

Según Arango (2011), en su trabajo sobre las posibilidades de la guadua para la mitigación del cam-



Foto: Grupo GATA

El aprovechamiento de la guadua permite mitigar las emisiones derivadas de su aprovechamiento si se le da un manejo adecuado

bio climático en el Eje Cafetero, un rodal natural de guadua con una densidad de 4050 culmos por hectárea contiene, en promedio, 126 t CO₂/ha en la biomasa neta aérea y subterránea. El número de culmos vivos por hectárea en Yarima es de 4400 (Camargo 2014); entonces, si se asume que tanto los rodales evaluados por Arango (2011) como los de Yarima poseen condiciones similares en cuanto a composición, manejo y estados de madurez, el carbono contenido en los rodales de Yarima sería de 177,08 t CO₂/ha.

En cuanto al uso de combustibles fósiles, se identificaron dos fuentes principales de emisiones: la operación del tractor que se emplea

para el transporte de los culmos hasta la planta de tratamiento, y la guadaña sierra que se utiliza para las labores de precosecha y cosecha. Según la información suministrada por los entrevistados, el tractor recorre una distancia media de 5,2 km para transportar un cargamento de 100 guaduas de 6 m con un diámetro aproximado de 11,1 cm; el volumen promedio neto se calculó en 0,023 m³ por culmo (Camargo 2014). El tractor funciona con gasolina corriente; de acuerdo con la UPME (2003), la gasolina genérica tiene un factor de emisión de 8,92 kg CO₂/galón; en consecuencia, para el transporte de 100 guaduas (2,3 m³ de guadua) se emiten 14,09 kg CO₂

eq –o sea que por cada metro cúbico de guadua transportada se emiten 6,13 kg de CO₂ eq.

En el caso de la guadaña sierra, un tanque de gasolina lleno rinde unos 400 cortes (aproximadamente 9,2 m³ de culmos aprovechables), que generan 8,92 kg CO₂ por cada metro cúbico de guadua que se corte.

El segundo combustible que provoca emisiones es la quema de madera en el proceso de preservación. Para la preservación de los culmos por lo general se usa ácido bórico y bórax, los cuales se disuelven mejor a temperaturas elevadas (Guzmán y Urbano 2014); es entonces necesario calentar el agua (lluvia cosechada) y adicionar las sales de boro paulatinamente hasta que se disuelvan. Este procedimiento requiere unos 150 kg de leña (madera que fue utilizada para embalaje y transporte de productos

agrícolas). Para el IPCC (2006), el factor de emisión de la combustión de leña es de 950 g/kg CO₂ (Cuadro 1); se debe aclarar, sin embargo, que este valor es aproximado ya que puede variar con el tipo de madera. El tanque de preservación de Yarima tiene capacidad para 130 culmos; entonces, la preservación de esta cantidad de culmos emitirá unos 142 kg CO₂, o sea que por cada metro cúbico de guadua preservada se liberan 47,6 kg de CO₂ a la atmósfera.

El consumo de energía hidroeléctrica se estimó a partir de la ficha técnica de la hidrolavadora y el número de culmos por lavada. Las emisiones aumentan con la potencia de la herramienta empleada; en este caso, se usó una hidrolavadora marca Karcher de 3,2 kW por hora, el factor de emisión establecido por el IPCC (2006) es de 0,102 kW/hora

y en promedio se utiliza durante ocho horas diarias en la temporada de producción. Entonces, el lavado de un metro cúbico de guadua libera 0,006 kg CO₂ eq. Todos los factores y procesos se resumen en el Cuadro 1.

Determinación de la huella de carbono

De acuerdo con Andrade et al. (2014), la huella de carbono en los sistemas forestales es positiva; para el estudio de caso aquí presentado, la huella de carbono se obtuvo de la suma de los valores encontrados y dividido por la producción en culmos de guadua rolliza. El valor obtenido fue de 123.947 toneladas CO₂ por hectárea; si se multiplica este valor por el potencial de calentamiento global del CO₂ (1, según IPCC 2006) se obtienen 123.947 tCO₂ equivalente. Según el plan de manejo de la finca Yarima, los rodales de guadua tienen una densidad de 4400 culmos por hectárea; esto significa que un metro cúbico de guadua preservada puesta en la puerta de la finca habría emitido +1,22 kg de CO₂ eq. En el Cuadro 2 se detallan los valores de la huella de carbono por fuente de emisión.

Van Der Lugt et al. (2012) determinaron que la mayor cantidad de emisiones en la producción de tableros laminados de bambú se originaba en la etapa de producción y alcanzaba valores de 58,93 kg CO₂/eq, teniendo en cuenta todas las etapas de producción. Si bien la generación del producto final generaría emisiones, estas se compensarían con el carbono almacenado en los compartimientos del bambú. Así, en 1 kg de producto terminado se tendría entre 0,5 y 0,55 kg de carbono almacenado. Para el caso de la guadua rolliza, el proceso que se lleva a cabo no está clasificado como industrial sino como pre-industrial pues el material puede trabajarse completo o pasar a un proceso industrial. No obstante, la huella de carbono sigue siendo positiva.

Cuadro 1. Procesos y factores de emisión de CO₂ evaluados en la producción de guadua para la venta en el Eje Cafetero de Colombia

	Proceso	Causa de la emisión	Factor de emisión*
Precosecha	Mantenimiento de guaduales	Generación de residuos de cosecha	-o-
	Aprovechamiento	Consumo gasolina (guadaña sierra)	8,92 kg/galón
Poscosecha	Transporte	Consumo de gasolina (tractor)	8,92 kg/galón
	Lavado	Consumo de energía (hidrolavadora)	0,102 kW/hora
	Preservación	Consumo de combustible (leña)	950 g/kg

* Factores de emisión definidos por IPCC (2006)

Cuadro 2. Huella de carbono de la producción de guadua para la venta en el Eje Cafetero de Colombia

Fuente de emisión	T CO ₂ /ha*		
Carbono almacenado en la biomasa	- 177,08		
Consumo de combustible	+ 53,072		
Uso de electricidad	+ 0,060		
Balance de huella de carbono	- 123.947 CO ₂ /ha	- 123.947 CO ₂ eq/ha	- 1,22 kg CO ₂ eq/m ³ de guadua rolliza

* El signo negativo indica que no se generan emisiones y que el valor representa el carbono adicional en la producción.

En Colombia, Hernández (2014) realizó un estudio similar con tableros laminados de guadua de la cuna a la puerta. Mediante la herramienta SimaPro con licencia Faculty, se determinó que el consumo de combustible en todos los procesos productivos es el mayor generador de emisiones. El indicador CML 2000, que permite definir las categorías de mayor impacto en el proceso productivo, determinó que los equipos y maquinarias para realizar los cortes en la empresa transformadora generan el mayor impacto a los ecosistemas por agotamiento de la capa de ozono y eco-toxicidad terrestre (Hernández 2014).

Conclusiones

- La empresa Yarima Guadua tiene un indicador ambiental positivo, en comparación con otras empresas de su tipo, puesto que sus procesos productivos generan menores impactos que los cultivos comerciales o plantaciones forestales.
- La huella de carbono representa una medida estándar que indica la eficiencia de los procesos llevados a cabo

por la empresa y, además, representa un ecoindicador de sostenibilidad ambiental a largo plazo.

- Si bien los procesos productivos de las empresas forestales que trabajan con guadua no muestran emisiones muy altas, siempre es necesario hacer una adecuada gestión de la huella de carbono como meta de la política ambiental de la empresa.
- Por ser un recurso sostenible, la guadua puede mitigar en poco tiempo las emisiones derivadas de su aprovechamiento si se le da un manejo adecuado. 🌱

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Proyecto “Innovación tecnológica para la optimización de procesos y estandarización de productos en empresas rurales con base en la guadua” (Código 1110-502-27241 Contrato N° 709-2011). Agradecemos también a la Universidad Tecnológica de Pereira por el financiamiento de la presente investigación y a la propietaria de Yarima Guadua, Sra. Lucia Mejía. Mil Gracias.

Bibliografía

- AEC (Asociación Española para la Calidad). 2006. La huella de carbono. Centro Nacional de Información de la Calidad. Consultado el 19 feb. 2013. http://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=bf01ec8e-7513-46e1-8d1a-46a4c6f7784b&groupId=10128
- Andrade, H.; Segura, M.; Canal, D.S.; Feria, M.; Alvarado, J.; Marín, L.; Pachón, D.; Gómez, M. 2014. The carbon footprint of coffee production chains in Tolima, Colombia. In: Oelbermann, M. (Ed). Sustainable Agroecosystems in Climate Change Mitigation. Wageningen Academic Publisher. p. 53-65. Consultado el 21 ago. 2014. <http://www.wageningenacademic.com/agroecosystems>
- Arango, A.M. 2011. Posibilidades de la guadua para la mitigación del cambio climático; caso Eje Cafetero Colombiano. Trabajo de Pregrado. Pereira, Colombia, UTP/Facultad de Ciencias Ambientales. 113 p.
- Argandoña, A. 2003. Sobre los sistemas de gestión ética, social y medioambiental en las empresas. Navarra, España, IESE Business School, Universidad de Navarra. Papeles de Ética, Economía y Dirección n° 8. Consultado el 19 feb. 2013. http://www.eben-spain.org/docs/Papeles/XI/3_Argandona.pdf
- Camargo García, J.C. 2014. Proyecto de investigación “Innovación tecnológica para la optimización de procesos y la estandarización de productos en empresas rurales con base en la guadua”; Informe Final. Pereira, Colombia, Colciencias.
- Carballo, A.; García, M.; Dómenech, J.L.; Villasante, C.; Rodríguez, G.; González, M. 2008. La huella ecológica corporativa: concepto y aplicación a dos empresas pesqueras de Galicia. Resumen. Revista Galeana de Economía 17(2): 18 p. Consultado el 20 feb. 2013. Disponible en http://www.usc.es/econo/RGE/Vol17_2/castelan/resu7c.htm
- Daza, C.; Zwart, R.; Camargo García, J.C.; Chavez-Díaz, R.; Londoño, X.; Fryda, L.; Janssen, A.; Pels, J.; Kalivodova, J.; Amezcua Berjan, M.A.; Arango, A.M.; Hernández, A.; Rodríguez, J.A.; Suárez, J.D. 2013. Torrefied bamboo for the import of sustainable biomass from Colombia. Informe Final del Proyecto de Investigación “Second Generation Torrefied Pellets For Sustainable Biomass Export From Colombia” Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira – Centro de Energía de Holanda, Imperial College UK.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2014. Software FAOSTAT. Roma, Italia. Dirección Estadística. Consultado el 4 oct. 2014. <http://faostat3.fao.org/home/S>
- Guerra, A. 2007. Construcción de la huella de carbono y logro de carbono neutralidad para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Guzmán, L.J.; Urbano, R. 2014. Evaluación de una técnica potenciométrica para evaluar la concentración de una solución preservante de bambú. Tesis de Pregrado. Pereira, Colombia, UTP– Escuela de Tecnología Química. 94 p.
- Hernández Londoño, A. 2014. Análisis de ciclo de vida (ACV) aplicado a la producción de tableros de esterilla de guadua en el Eje Cafetero. Tesis de Maestría en Ecotecnología. Pereira, Colombia, UTP. 188 p.
- IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2001. Evaluación de impactos, adaptación y vulnerabilidad; contribución del Grupo de trabajo II al Tercer Informe de Evaluación. <https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf>
- IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2006. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volúmenes 1 al 5. Consultado el 25 set. 2014. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- Mejía Marulanda, L. 2010. Pasado y futuro de los bosques de guadua en el Eje Cafetero Colombiano: el caso de Yarima Guadua. Revista Recursos Naturales y Ambiente N° 61:6-10.
- Moreno, R. 2005. La huella ecológica; rehabilitación urbana de la ciudad. Madrid, España. Consultado el 20 feb. 2012. <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n32/>.
- UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). 2003. Factores de emisión de los combustibles colombianos. Consultado el 23 nov. 2014. http://www.siame.gov.co/siame/documentos/documentacion/mdl/HTML/18_FECOC.htm.
- Van der Lugt, P.; Vogtlander, J.G.; van der Vegte, J.H.; Brezet, J.C. 2012. Life cycle assessment and carbon sequestration; the environmental impact of industrial bamboo products. World Bamboo Congress Proceedings [9, 10-15 April, University of Antwerp, Belgium].