

Bosques de guadua del Eje Cafetero de Colombia: oportunidades para su inclusión en el mercado voluntario de carbono y en el Programa REDD+

Ángela María Arango Arango¹;
Juan Carlos Camargo²

Los bosques naturales de guadua bien pudieran ser considerados dentro de una iniciativa REDD+. No obstante, la justificación para un tal proyecto no parte de la fuerte deforestación que sufren, sino de la presión causada por la expansión urbana, los altos índices de fragmentación y las malas prácticas que conllevan a su degradación.

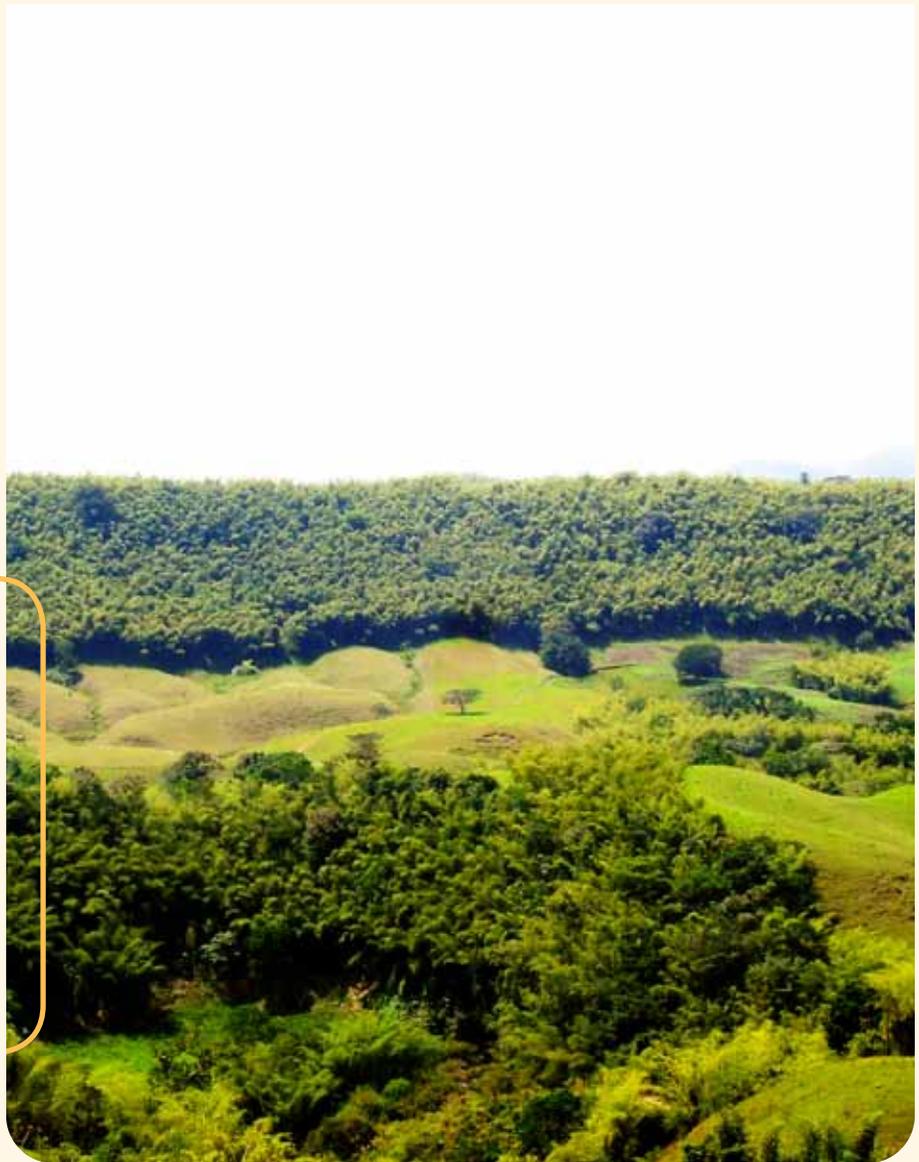


Foto: Grupo de Investigación GATA

¹ Administradora Ambiental. Investigadora. Grupo de Investigación en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos, Universidad Tecnológica de Pereira. amarango@utp.edu.co

² Profesor, Universidad Tecnológica de Pereira. jupipe@utp.edu.co

Resumen

Los bosques de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) localizados en la región del Eje Cafetero de Colombia, entre los 900 y los 2000 msnm, cumplen funciones ecológicas importantes como la protección del suelo, refugio para la biodiversidad y secuestro de carbono. Tradicionalmente, estos bosques han significado una fuente de ingresos monetarios para los productores rurales por la venta de culmos en el mercado local e internacional, así como una fuente de materia prima para uso doméstico. Con el propósito de definir oportunidades para acceder a incentivos relacionados con la mitigación del cambio climático, con este estudio se ha tratado de estimar el potencial de los bosques de guadua para el almacenamiento de carbono, así como la factibilidad de incluir las plantaciones en esquemas de mercado voluntario y los bosques naturales en la iniciativa REDD+. Se encontró que, en promedio, los bosques de guadua almacenan hasta 126±4 t/ha, lo que significa una buena posibilidad de aplicación de la iniciativa REDD+. No obstante, para algunos de los requerimientos evaluados se debe generar información más precisa que permita ajustarse a la iniciativa. En cuanto a los mercados voluntarios de carbono se encontró que, a pesar de que los criterios de elegibilidad pueden alcanzarse en las plantaciones evaluadas, es necesario profundizar en algunos aspectos específicos como dinámica, monitoreo y posibilidades en comparación con otros tipos de coberturas boscosas, ya que si bien los guaduales son ecosistemas boscosos, las especies de bambú no son árboles y, por lo tanto, se comportan de manera distinta.

Palabras claves: *Guadua angustifolia*; bambúes; bosques; zonificación; mitigación; cambio climático; mecanismos de desarrollo limpio; mercados; zona cafetalera; Colombia.

Summary

Guadua forests in the Colombian coffee region: capabilities for voluntary carbon markets and the REDD+ initiative. *Guadua angustifolia* is a woody bamboo that represents an important natural resource in Colombia and particularly in the coffee region where it can be found between 900 and 2000 masl. These forests play an important role in terms of ecological functions such as soil protection, refuge of biodiversity and carbon sequestration. Additionally, these forests have provided rural communities with incomes for the sale of culms in the national and international markets, as well as raw material for domestic use. In order to elucidate opportunities for including guadua bamboo forests within carbon market or climate change mitigation programs, the potential of carbon storing was estimated, and assessed the feasibility for guadua plantations to apply to carbon voluntary market schemes and for natural guadua forests to apply to REDD+ initiatives. It was found that bamboo forests store 126±4 t/ha in average; this means that good conditions are met for REDD+ initiatives. However, some specific requirements should be well supported with proper and credible information. Regarding carbon voluntary markets, it was found that although the criteria of eligibility can be fulfilled, it is still required to improve information on bamboo forests, their dynamics and monitoring. Also, a comparison with other forest covers should be established considering some additional criteria, as bamboos are real forest ecosystems but they are not trees.

Keywords: *Guadua angustifolia*; bamboos; forests; zoning; mitigation; climate change; clean development mechanism; markets; coffee zone; Colombia.

Introducción

A rededor del mundo existen aproximadamente 20 millones de hectáreas cubiertas por bambú (Zhou et ál. 1994). Cerca de 1200 especies han sido registradas en todo el mundo (Londoño 1990), 440 de ellas en América (Hidalgo 2003) y 95 en Colombia (Londoño 1990). *Guadua angustifolia* Kunth es la especie de bambú más utilizada en la región del Eje Cafetero Colombiano, tanto para aplicaciones domésticas desde hace ya varias décadas como industriales en los últimos años. A pesar de su alto grado de fragmentación, los guaduales colombianos proveen servicios ecosistémicos como hábitat para distintos organismos y protección del suelo (Camargo y Cardona 2005, CIEBREG 2008, Calle y Piedrahita 2008, Fajardo et ál. 2008, Ospina 2002, Rodríguez 2011, Camargo et ál. 2011), los cuales realizan mucho más su valor.

El papel de los bosques en la mitigación del cambio climático ya ha sido ampliamente documentado (IPCC 2007, Angelsen et ál. 2009, CIFOR 2010). De la misma manera, se han definido iniciativas con las cuales se pretende generar incentivos para los propietarios de los bosques por la fijación o el secuestro de carbono, así como por otros servicios ecosistémicos (IPCC 2007, VCS 2011, Ehrhart et ál. 2008). En la actualidad, se evalúa la posibilidad de aplicar esquemas de pago de incentivos por los servicios ecosistémicos que proveen los bosques de bambú (Yiping et ál. 2010, Natha y Ashesh 2009). Por ello, para escoger las opciones más apropiadas, es necesario conocer el contexto en el cual se desarrollan las especies y determinar las particularidades de cada una.

En este trabajo se evaluaron las posibilidades de incluir plantaciones y bosques naturales de *G. angustifolia* en mercados voluntarios de carbono bajo el marco de REDD+ (reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal; el símbolo “+”

hace referencia a la conservación, gestión sostenible de los bosques y mejoramiento de las reservas de carbono en bosques). Para ello se tomaron en cuenta los requerimientos y las características particulares de estos bosques en la región del Eje Cafetero de Colombia, donde la especie crece de manera natural. El área de estudio abarcó fragmentos de bosques de guadua en los departamentos del Valle de Cauca, Quindío, Risaralda, norte del Tolima y Caldas, en elevaciones que van de los 900 a los 2000 msnm.

Determinación de la biomasa y el carbono

Para la estimación del carbono almacenado en la biomasa y en el suelo de bosques naturales de guadua (Fotografía 1) se usaron parcelas y sitios evaluados en inventarios anteriores (Kleinn y Morales 2006, Camargo 2006). En el caso de las plantaciones, se consideraron tres sitios con edades de 8 y 7 años. Tanto en guaduales naturales como plantaciones, se evaluaron parcelas localiza-

das en los municipios de Montenegro (altura de 1100 msnm, temperatura media anual de 24°C y precipitación media anual de 1600 mm) y Pereira (altura de 1430 msnm, temperatura media anual de 21°C y precipitación promedio anual de 2500 mm).

Para determinar la biomasa seca de guadua se realizaron muestreos destructivos de culmos con diferente estado de madurez, siguiendo las secuencias que estos forman al conectarse a través de sus rizomas. En cada caso, se tomaron muestras de hojas, ramas, culmo (tallo) y rizoma (Fotografías 2 y 3). Para determinar, la biomasa, su equivalente en carbono y CO₂ se utilizaron las fórmulas descritas por Márquez (2000) que se detallan a continuación:

Contenido de humedad:
$$CH = \frac{Pi(g) - Ps(g)}{Pi(g)}$$

CH: Contenido de humedad

Pi: Peso inicial de la muestra en gramos

Ps: Peso seco de la submuestra en gramos



Fotografía 1. Levantamiento de parcelas para la determinación de biomasa en guaduales naturales

Foto: Grupo de Investigación GATA

Biomasa: $B = Pf - (Pf * CH)$

B: Biomasa
Pf: Peso fresco encontrado en campo

Contenido de carbono: $C = B * 0,5$

C: Contenido de carbono
0,5 factor de conversión general según Mac Dicken (1997)

Contenido de CO₂: $CO_2 = C * 3,67$

CO₂: Contenido de CO₂
3,67: Factor de conversión (peso molecular respecto al peso de carbono)

A partir de la propuesta de núcleos forestales productivos (Camargo et ál. 2007a) y la información de los inventarios en que se sustenta este estudio (densidad de culmos por hectárea), se hizo una estimación del carbono almacenado en estas áreas. Tales estimaciones se compararon con cálculos anteriores obtenidos a partir del volumen neto y la gravedad específica media de los culmos.

Evaluación de esquemas de mercado voluntario de carbono y REDD+
Teniendo en cuenta los esquemas de mercado voluntario y los requeri-

mientos de REDD+ se hizo una evaluación de los requerimientos que se cumplen con el proceso seguido y las posibilidades de emplear cada esquema de mercado voluntario. Como referentes, se usaron los estándares para el diseño de proyectos de clima, biodiversidad y comunidad (CBC) y CarbonFix, ya que son los esquemas cuyos criterios de aplicación se ajustan fácilmente a los proyectos forestales y permiten una descripción detallada de los beneficios que dichos proyectos ofrecen. Los criterios de elegibilidad de los dos estándares (CBC y CarbonFix) se evaluaron en las plantaciones de guadua; para ello se hizo una lista de chequeo y se definieron posibles alternativas para cumplir con cada uno de los requerimientos de los esquemas. La estrategia REDD+ se evaluó en los bosques naturales de guadua a partir del esquema propuesto por Parker et ál. (2008), el cual se basa en los alcances, un nivel de referencia, la distribución de recursos y el financiamiento.

Resultados y discusión

Contenido de carbono almacenado
El carbono total almacenado por los bosques naturales de guadua (con una densidad aproximada de 4050

culmos por hectárea) fue en promedio de 126±4 t/ha. El 85% del carbono se almacena en la parte aérea (ramas, culmos y hojas) y 15% en la biomasa subterránea (rizoma) (Fig. 1). Para las plantaciones de 7-8 años de edad, con una densidad promedio de 7700 culmos por hectárea, el carbono total almacenado fue de 24,6±5 t/ha. La biomasa aérea alberga el 86% y el 14% restante corresponde a la biomasa subterránea (Fig. 2). El carbono contenido en el suelo a 25 cm de profundidad bajo guaduales, tanto naturales como plantados, fue en promedio de 544±125 t/ha.

Si bien la distribución de la biomasa -y por lo tanto del carbono- en las diferentes secciones de la planta es similar entre plantaciones y guaduales naturales, la biomasa de ramas y hojas es más alta en las plantaciones. Probablemente esto se deba a la función fotosintética optimizada en la etapa de crecimiento y a la mayor disponibilidad de espacio lateral en las plantaciones, lo que permite un mejor y mayor desarrollo de ramas laterales. Según Anten y Hirose (1998) y King (2003), los cambios en la distribución de la biomasa dependen de la disponibilidad de luz y de la edad de las especies. Para las especies de bambú, la distribución de la biomasa también puede variar con el nivel de perturbación y la densidad



Fotografía 2. Determinación de biomasa en muestras de hojas.



Fotografía 3. Determinación de biomasa en muestras de ramas.

Foto: Grupo de Investigación GATA

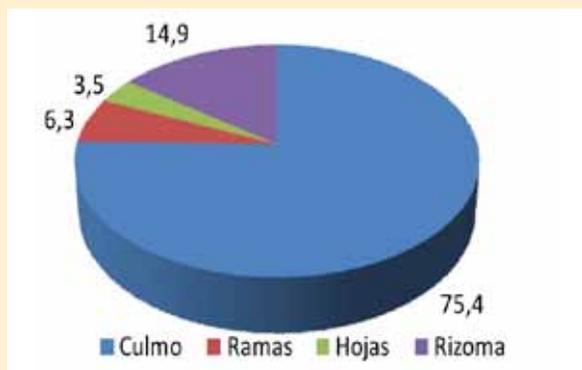


Figura 1. Distribución del carbono almacenado en guaduales naturales

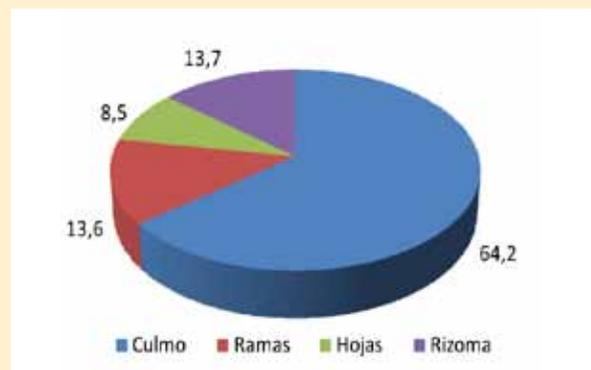


Figura 2. Distribución del carbono almacenado en guaduales plantados

de culmos (Kleinhenz y Midmore 2001), aunque Cruz (2009) determinó que la biomasa varía con las condiciones de regeneración del guadual.

De acuerdo con Camargo (2006), el área foliar en plantaciones de guadua se incrementa durante el primer año y luego tiende a disminuir cuando las ramas alcanzan a las de otros culmos. El incremento del área foliar también se asocia con la aparición de nuevos culmos, los cuales representan un incremento en el área total ocupada por cada planta (Camargo 2006). En los guaduales naturales, el carbono total por culmo muestra un incremento durante los

dos primeros años, luego permanece constante hasta los cinco años y posteriormente tiende a disminuir. En las plantaciones, aunque los culmos más maduros muestreados no superaron los cuatro años, la tendencia es similar (Figs. 3 y 4).

Las dimensiones finales de los culmos de guadua están definidas desde edades muy tempranas, ya que el diámetro no cambia con el tiempo debido a la ausencia de cambium vascular. Asimismo, la longitud total se alcanza luego de la elongación del culmo en seis meses aproximadamente (Judziewicz et ál. 1999). Por lo tanto, el incremento de biomasa

se da durante el primer año por las razones mencionadas y luego por el desarrollo de ramas y hojas hasta el segundo año, cuando se empieza a estabilizar. Es probable que la disminución de la biomasa después de los cinco años esté relacionada con la pérdida de hojas y ramas de los culmos más viejos y dañados. Después de 10 o 12 años, los culmos no cosechados mueren y se descomponen, lo que representa una emisión de CO₂. Un manejo adecuado del guadual en términos de fijación de CO₂ implica la cosecha de los culmos cuando alcancen las características exigidas por el mercado.

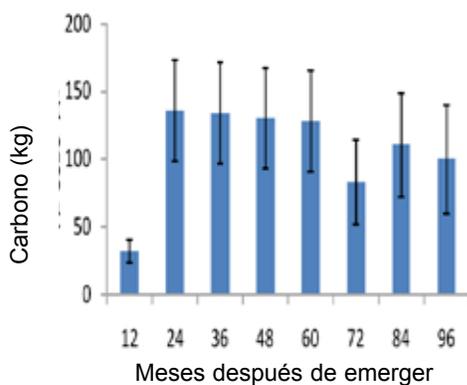


Figura 3. Carbono almacenado en guaduales naturales según edad del culmo en meses

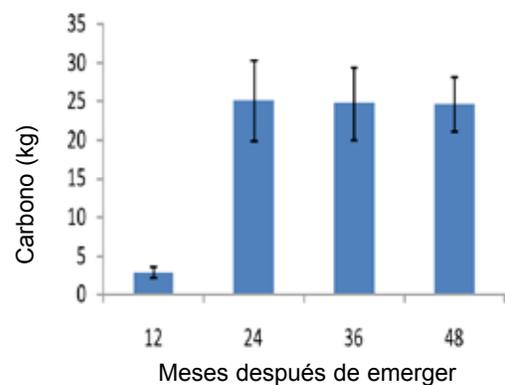


Figura 4. Carbono almacenado en plantaciones según edad del culmo en meses

Líneas verticales sobre las barras representan la desviación estándar

De acuerdo con Liese (2009), para garantizar la estabilidad del carbono almacenado en los culmos de bambú es necesario garantizar una cierta durabilidad de los productos obtenidos. Además, es necesario tomar en cuenta la especie de bambú, ya que algunas especies de origen asiático comienzan un lento proceso de muerte después de la floración (Liese 2009) y, en consecuencia, la fuga de CO₂. Aunque no se tienen estudios detallados sobre estas fugas, al tomar decisiones sobre un posible esquema de mercado de carbono sí se debería tener en cuenta tal comportamiento.

Contenido aproximado de carbono a nivel de núcleos forestales

La situación actual de los bosques de guadua y su contribución al desarrollo sostenible de la región cafetera han sido consideradas bajo diferentes estrategias promovidas por distintas instituciones -principalmente las corporaciones autónomas regionales. Fruto de este proceso han surgido importantes herramientas que proporcionan el marco legal para el manejo del recurso (CAR 2002), proveen elementos para su inventario y manejo (Camargo et ál. 2007b y 2007c, Camargo et ál. 2008), contri-

buyen a la planificación del recurso mediante la zonificación según criterios biofísicos y socioeconómicos (Camargo et ál. 2007a) y promueven el trabajo a partir de núcleos forestales productivos (Moreno 2006, Camargo et ál. 2010a).

De la zonificación detallada de los guaduales surgió una propuesta para la consolidación de núcleos forestales (Camargo et ál. 2007a). Se estima que alrededor de 124.000 ha en el Eje Cafetero tienen aptitud alta para el establecimiento de plantaciones de guadua con fines comerciales. Asimismo, cerca de 87.000 ha cumplen con condiciones de oferta del recurso, tradición de manejo, infraestructura y desarrollo industrial; esta área corresponde a la categoría de núcleo forestal de alta productividad.

En el Cuadro 1 se presenta información sobre el contenido de carbono en núcleos con diferente nivel de productividad (alta, media y baja) en guaduales de los departamentos de Quindío y Risaralda. Se incluyen los datos obtenidos con este estudio y los de Camargo et ál. (2007a). Con el fin de obtener una visión más completa del contenido de carbono, se ha extrapolado la información al área total de bosques de guadua en los núcleos forestales evaluados.

Mercados voluntarios de carbono y plantaciones de guadua

En el Cuadro 2 se detallan las posibilidades de cumplir con los criterios exigidos por los estándares CBC y CarbonFix en las plantaciones de guadua evaluadas. En general, en todos los casos existen buenas posibilidades de cumplimiento; se cuenta incluso con estudios que hacen referencia o pueden ser utilizados para alentar el cumplimiento de los criterios en cuestión. El precio de la tierra podría ser el factor de mayor incidencia en la adopción de los estándares, aunque podría ser manejable pues la mayoría de los productores de la región tienen y/o han manejado bosques de guadua.

Es evidente que existen elementos que facilitarían la adopción de los estándares; no obstante, es importante mencionar que en cada caso, el desarrollo de cada criterio implica mucho trabajo y la generación de nueva información, la cual depende de las características de la especie y de las condiciones particulares del sitio en donde se establecería el proyecto.

Bosques naturales de guadua y REDD+

La iniciativa REDD+ fue reconocida como un mecanismo válido para la mitigación del cambio climático durante la conferencia de Bali 2007.

Cuadro 1. Estimación de carbono almacenado en guaduales de dos departamentos del Eje Cafetero

Departamento de Risaralda							
Productividad/ núcleo forestal	Área (ha)	Culmos/ha	CO ₂ t/ha Estudio a		CO ₂ total t/ha* Estudio b	CO ₂ t Total área Estudio a	CO ₂ t Total área* Estudio b
			Biomasa	Total*			
Alta	1354	8233	943	1461	929	1.978.600	1.257.866
Media	836	8883	1018	1536	907	1.283.845	758.252
Baja	45	5500	630	1148	760	51.669	34.200
Total	2235	7539	864	1382	865	3.088.100	1.934.020
Departamento del Quindío							
Productividad/ núcleo forestal	Área (ha)	Culmos/ha	CO ₂ t/ha Estudio a		CO ₂ total t/ha Estudio b	CO ₂ Total área Estudio a	CO ₂ Total área Estudio b
			Biomasa	Total			
Alta	2806	5090	583	1101	727	3.089.938	2.041.084
Media	1061	5133	588	1106	646	1.173.579	685.512
Baja	10	9416	1079	1597	788	15.970	7.880
Total	3867	6546	750	1268	2162	4.903.463	8.360.067

Estudio a: Este trabajo Estudio b: Camargo et ál. 2007a *Carbono en suelo y biomasa

Esta iniciativa podría convertirse en una buena opción para el manejo de los bosques de guadua en la región cafetera colombiana. Como se ha mostrado previamente, los bosques de guadua son un sumidero de carbono importante, aunque también, ya se ha constatado su papel en la regulación hídrica (Camargo et ál. 2011, Rodríguez 2011), la protección del suelo (Camargo et ál. 2011, Rodríguez 2011; Rodríguez 2004), la provisión de hábitat para la biodiversidad vegetal (Ospina 2002, Calle y Piedrahita 2008) y animal (Fajardo et ál. 2008, Pérez et ál. 2009). Todos estos factores indudablemente pueden contribuir a la definición del nivel de referencia.

Los problemas de degradación de los bosques de guadua en el Eje Cafetero son el resultado de la explotación del recurso sin apego

a los protocolos establecidos por las corporaciones autónomas regionales; en especial, la corta ilegal (Camargo et ál. 2010b). Si bien el área de cobertura se mantiene desde hace años, los niveles de fragmentación son cada vez mayores. Asimismo, la expansión urbana ejerce un alto grado de presión que amenaza los relictos de guaduales a medida que las construcciones se acercan cada vez más a los mismos (Koim 2009, Arango et ál. 2011). Por una parte, el precio de la tierra juega un papel importante en este proceso. Por ejemplo, el precio de la tierra está alrededor de 60 USD/m² en los alrededores de la ciudad de Pereira³; al sur de la ciudad se encuentra la mayor área de bosques de guadua; en consecuencia, algunos propietarios de fincas han empezado a vender parte de sus predios

para la construcción de condominios campestres. Por otra parte, el plan de ordenamiento del municipio define el sector sur como área de expansión de la ciudad, lo cual amenaza seriamente la existencia de los guaduales.

La implementación de proyectos REDD+ requiere un marco de políticas gubernamentales que provean una adecuada legislación para el desarrollo de los proyectos y de un marco de financiación para proyectos individuales o por medio de una estrategia nacional. En este sentido, Colombia ya cuenta con una estrategia promovida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT 2011), la cual ha elegido 16 ecosistemas boscosos susceptibles de ser incorporados a REDD+. Los bosques de guadua, hasta ahora, no figuran como elegibles pero se avanza en las gestiones.

Cuadro 2. Criterios de los estándares CBC y CarbonFix evaluados en plantaciones de guadua en el Eje Cafetero colombiano

Estándares CBC (Alianza para el Clima, Comunidad y Biodiversidad)		
Criterios	Aplicación en plantaciones de guadua	Referencias
Sección general Se definen los parámetros más generales de los proyectos; entre ellos, la proyección de la línea base, el área del proyecto, las metas y objetivos, el manejo de las coberturas y los derechos de propiedad.	Las condiciones generales están definidas de manera clara: se cuenta con inventario, zonificación y propuesta de consolidación de núcleos forestales. Además, hay áreas definidas para establecer plantaciones de guadua a partir de criterios biofísicos y socioeconómicos.	Camargo et ál. (2006) Camargo et ál. (2007a, b, c) Camargo et ál. (2008) Kleinn y Morales (2006)
Sección climática Impactos que el proyecto tiene o espera tener en el ambiente.	El guadal ofrece hábitat a diferentes especies de aves, mamíferos y especies maderables y otros beneficios al ecosistema. Además, ayuda en la recuperación de áreas degradadas y control de la erosión.	Arias y Hoyos (2004) Ospina (2002) Arango et al. (2011) Camargo y Cardona (2005) Fajardo et ál. (2008) Rodríguez (2009)
Sección comunitaria Impactos que el proyecto tiene o deberá tener sobre las comunidades aledañas.	El aprovechamiento, comercialización y transformación de la guadua podría ayudar a controlar los problemas causados por el cambio del uso del suelo en la región. El cultivo y mantenimiento de los bosques y rodales de guadua podrían significar un incentivo adicional para los productores. Una desventaja podría ser el precio de la tierra.	Moreno (2006) Botero (2004) Held (2005) García (2004)
Sección biodiversidad Impactos que el proyecto tiene o deberá tener sobre la biodiversidad <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> .	Los bosques de guadua son un importante refugio para especies de aves y mamíferos (murciélagos) que cumplen funciones ecológicas vitales; la conectividad entre los fragmentos de bosques de guadua es un factor clave en la distribución de las poblaciones de flora y fauna.	Rodríguez et al. (2009) CIEBREG (2008) Calle y Piedrahita (2008) Fajardo et ál. (2008) Ospina (2002)
Sección nivel de oro Beneficios excepcionales para la adaptación al cambio climático, la comunidad y/o la biodiversidad.	Importancia de la guadua como recurso natural local, ya que no solo provee servicios ecosistémicos sino que forma parte de la cultura cafetera. La explotación del recurso promueve la asociatividad y cooperación entre las poblaciones. Ya se tienen propuestas de núcleos forestales productivos.	Ospina y Rodríguez (2002)

Fuentes: Ehrhart (2008), CarbonFix (2010).

³ Delgado, J. Gerente Lonja de Propiedad Raíz en Pereira. Entrevista concedida al diario La Tarde. Noviembre de 2011. Disponible en: <http://www.latarde.com/pereira/local>

El marco legal y político ya definido a nivel regional para los bosques de guadua, junto con algunas de las herramientas antes mencionadas, es un avance considerable que facilita la gestión hacia REDD+. Desde hace cerca de cinco años se viene ejecutando un proyecto de gobernanza forestal que ha logrado consolidar varias de estas herramientas y los núcleos forestales productivos y ha impulsado la certificación forestal voluntaria (Camargo et ál. 2010a). Este trabajo se viene haciendo con un grupo de productores que han adaptado de manera eficiente el uso de las herramientas para el manejo adecuado de los bosques de guadua. Así, han accedido al proceso de certificación voluntaria y algunos forman parte de los núcleos forestales productivos. El nivel de organización alcanzado y el compromiso de los productores facilitarían el proceso de implementación de un proyecto REDD+.

Conclusiones

- Como sumideros de carbono que son, los bosques naturales y plan-

taciones de guadua son importantes para la mitigación del cambio climático. No obstante, debido a sus características particulares que implican un ciclo de vida relativamente corto, su contribución a la mitigación a largo plazo dependerá del uso y durabilidad de los productos obtenidos con los culmos cosechados.

- El alto costo de la tierra en el Eje Cafetero pudiera incidir de manera negativa en la conservación y manejo de los guaduales y, en consecuencia, frustrar el acceso a mercados voluntarios de carbono. No obstante, la información existente sobre aptitud de la tierra podría dar indicios de los sitios más apropiados para el establecimiento de plantaciones de guadua que calificaran para proyectos REDD+ en la región.
- Los criterios evaluados fueron muy generales. Tanto el esquema CBC como CarbonFix exigen información detallada sobre especies, sitio y tipo de proyecto. En la eventual definición de proyectos para el acceso a mercados volun-

tarios de carbono se debe considerar con antelación la información que se requerirá.

- Los bosques naturales de guadua bien pudieran ser considerados dentro de una iniciativa REDD+. No obstante, la justificación para un tal proyecto no parte de la fuerte deforestación que sufren, sino de la presión causada por la expansión urbana, los altos índices de fragmentación y las malas prácticas que conllevan a su degradación. Afortunadamente, ya existe un marco político y legal que facilita cualquier acción que se quiera realizar en este sentido. 🌱

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a Colciencias (Proyecto Código 1110452-21121; Contrato 442-1-2008) y a la Universidad Tecnológica de Pereira por el financiamiento parcial del proyecto. Agradecemos también a los propietarios de las fincas Nápoles y La Esmeralda por conceder el permiso de recolección de las muestras.

Literatura citada

- Angelsen, A; Con Brockhaus, M; Kanninen, M; Sills, E; Sunderlin, WD; Wertz-Kanounnikoff, S. 2009. La implementación de REDD+: estrategia nacional y opciones de política. Bogor, Indonesia CIFOR.
- Anten, NP; Hirose, T. 1998. Biomass allocation and light partitioning among dominant and subordinate individuals in *Xanthium canadense* stands. *Annals of Botany* 82: 665-673.
- Arango, AM. 2010. Posibilidades de la guadua para la mitigación del cambio climático; caso: Eje Cafetero Colombiano. Trabajo de Pregrado. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales. 113 p.
- Arango, AM; Bueno, L; Amézquita, MA; Camargo, JC. 2011. Possibilities of guadua bamboo forests in the context of REDD+: A case study in the coffee region of Colombia. In Klein, C; Fehrmann, L. (eds.). Proceedings of the workshop "Forest in Climate Change research and policy: The role of forest management and conservation in a complex international setting" [2-9 diciembre, Cancún, México].
- Arias, LM; Hoyos, DP. 2004. Cuantificación de carbono en suelos bajo rodales de *Guadua angustifolia* Kunth en el Eje Cafetero de Colombia y estrategias de manejo para su conservación como beneficio ambiental. Trabajo de Grado. Universidad Tecnológica de Pereira. 100 p.
- Botero, LF. 2004. Manual de industrialización del bambú. Buenos Aires, Argentina, Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca / Unión Europea. 117 p.
- Calle, Z; Piedrahita, L. 2008. Conservación de flora amenazada en fincas ganaderas de la cuenca media del río La Vieja. In Fundación CIPAV (Ed.). Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo. Cali, Colombia. p. 148-169.
- Camargo, JC; 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. 38 p.
- Camargo, JC. 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, JC; Dossman, MA; Cardona, G; García, JH; Arias, LM. 2007a. Zonificación detallada del recurso guadua en el Eje Cafetero, Tolima y Valle del Cauca, municipios piloto del Proyecto Manejo Sostenible de Bosques en Colombia (Guía metodológica y resultados). Pereira, Colombia, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Universidad Tecnológica de Pereira, y Corporaciones Autónomas Regionales del Eje Cafetero, Tolima y Valle del Cauca.
- Camargo, JC; García, JH; Morales, T. 2007b. Bases para la planificación y manejo silvicultural de bosques de guadua: una aplicación a nivel de finca en la zona cafetera de Colombia. Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira, Colciencias, Grupo en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos. 86 p.

- Camargo, JC; Morales, T; García, JH. 2007c. Mensura e inventario forestal para la planificación y manejo sostenible de bosques de guadua. Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira, Colciencias, Grupo en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos. 125 p.
- Camargo, JC; Morales, T; García, JH. 2008. Términos de referencia para la formulación de planes de manejo y aprovechamiento sostenible de guaduales. Pereira, Colombia, Proyecto Bosques FLEGT/Colombia. 70 p.
- Camargo, JC; García, JH; Cardona, G; Charry, AM. 2010a. Núcleos forestales productivos de guadua en los departamentos de Quindío, Risaralda y Tolima en el marco del proyecto Bosques FLEGT/Colombia. Pereira, Colombia, Grupo de Investigación en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos, Universidad Tecnológica de Pereira, Corporaciones Autónomas Regionales de Quindío, Tolima, Risaralda.
- Camargo, JC; Moreno, RD; Villota, N. 2010b. Sustainable management of guadua bamboo forest in Colombia. In Witt, M; Van Dam, J. (Eds.). Chainsaw milling: supplier to local markets. Wageningen, The Netherlands, Tropenbos International. 226 p.
- Camargo, JC; Chará, J; Giraldo, L; Chará-Serna, A; Pedraza, G. 2011. Beneficios de los corredores ribereños de *Guadua angustifolia* en la protección de ambientes acuáticos en la Ecorregión Cafetera de Colombia. 1. Efectos sobre propiedades del suelo. Recursos Naturales y Ambiente 61: 47-53.
- CAR (Corporaciones Autónomas Regionales del Eje Cafetero). 2002. Norma unificada en guadua: reglamentación para el manejo, aprovechamiento y establecimiento de guadua, caña brava y bambúes. Bogotá, Colombia, Proyecto Manejo Sostenible de Bosques en Colombia (Convenio 021 del 2001).
- CarbonFix Standard. 2010. CarbonFix Standard Versión 3. Proyectos Globales de Forestaciones Climáticas (en línea). Disponible en <http://www.carbonfix.info/chameleon/outbox/public/189/CarbonFix-Standard-v30-ES.pdf>.
- CIEBREG (Centro de Investigaciones y Estudios en Biodiversidad y Recursos Genéticos). 2008. Informe anual proyecto "Valoración de los bienes y servicios de la biodiversidad para el desarrollo sostenible de paisajes rurales colombianos: Complejo Ecorregional Andes del Norte". Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira, Pontificia Universidad Javeriana, Fundación CIPAV, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- CIFOR (Center for International Forestry Research). 2010. Simply REDD: CIFOR'S guide to forests climate change and REDD. Bogor, Indonesia.
- Cruz, H. 2009. *Guadua angustifolia* Kunth: bosques naturales en Colombia y plantaciones comerciales en México. Pereira, Colombia. 690 p.
- Ehrhart, Ch; Pedroni, L; Salinas, C; Durbin, J; Panfin, S; Verchot, L; Locatelli, B; Janson-Smith, T; Fehse, J; Sell, J; Suarez, D; Sena, K; Hayward, J; Henman, J; Parson, M; Petlin, G; Krueger, L; Walker, S; Ruddell, S. 2008. Estándares para el diseño de proyectos de clima, comunidad y biodiversidad. 2 ed. Comité de Estándares CBC. Disponible en www.climate-standards.org
- Fajardo, ND; González, RJ; Neira, LA. 2008. Sistemas ganaderos amigos de las aves. In Fundación CIPAV (Ed.). Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo. Cali, Colombia. p. 171-203.
- García, JH. 2004. Definición de áreas óptimas de calidad de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) orientada a satisfacer las necesidades del mercado. Tesis Mag. Sc. Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira. 110 p.
- Held, C. 2005. Promotion of innovations in forest based small and medium size enterprises of developing countries: An actor-oriented analysis of the Colombian bamboo sector. Ph.D. dissertation. Freiburg University, Deutschland. 223 p.
- Hidalgo, O. 2003. Bamboo, the gift of the gods. Bogotá, Colombia. 553 p.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis (Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación). Ginebra, Suiza, IPCC. 104 p.
- Judziewicz, EJ; Clark, LG; Londoño, X; Stern, M. 1999. American bamboos. Washington D.C., Smithsonian Institution press. 392 p.
- King, DA. 2003. Allocation of above-ground growth is related to light in temperate deciduous saplings. Functional Ecology 17: 482-488.
- Kleinhenz, V; Midmore, DJ. 2001. Aspects of bamboo agronomy. Advances in agronomy 74: 79-145.
- 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.
- Koim, N. 2009. Urban sprawl, land cover change and forest fragmentation: A case study of Pereira, Colombia. Berlin, Alemania, Humboldt-Universität Zu Berlin Landwirtschaftlich - Kenyon Fakultät.
- Liese, W. 2009. Bamboo as a Carbon – Skin - Fact or Fiction? 8th World Bamboo Congress Proceedings; Volumen 3 Bamboo and Environmental. [Bangkok, Thailand, 16 – 19 sept, 2009].
- Londoño de la Pava, X. 1990. Aspectos sobre la distribución y la ecología de los bambúes de Colombia. Caldasia 16(77):139 – 153.
- Márquez, L. (Ed.). 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. Guatemala, Fundación Solar.
- MAVDT (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia). 2011. Propuesta de Preparación para REDD+ (Versión 5 del 11 de abril, 2011).
- Moreno, RD. 2006. Lineamientos generales para la conformación y operación de núcleos forestales productivos para la guadua. Pereira, Colombia, Programa Ambiental GTZ, Proyecto Manejo Sostenible de Bosques para Colombia.
- Natha, G; Ashesh, K. 2009. Above ground standing biomass and carbon storage in village bamboos in North East India. Revista Science Direct Biomass and Bioenergy 33:1188-1196. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953409000907>
- Ospina, R. 2002. Factores que determinan las características florísticas estructurales de los fragmentos dominados por *Guadua angustifolia* en el Eje Cafetero Colombiano y su relación con los aprovechamientos de Guadua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 71 p.
- Ospina, R; Rodríguez, JM. 2002. Biodiversidad en guaduales: importancia e implicaciones de un buen manejo. Memorias. Seminario-Taller Avances en la Investigación sobre Guadua [Pereira, Colombia, 16,17 y 18 de mayo, 2002].
- Parker, C; Mitchell, A; Trivedi, M; Mardas, N. 2008. The Little REDD+ Book: A guide to governmental and non-governmental proposals for reducing emissions from deforestation and degradation. Oxford, United Kingdom, Global Canopy Foundation, John Krebs Field Station. 60 p.
- Pérez Rojas, J; Sánchez Lalinde, C; Cortes Delgado, N. 2009. Murciélagos asociados a sistemas naturales y transformados en la Ecorregión Eje Cafetero. In Rodríguez, JM; Camargo, JC; Niño, J; Pineda, AM; Arias, LM. (Eds). Valoración de la biodiversidad del Eje Cafetero. Pereira, Colombia, CIEBREG. p. 157-167.
- Rodríguez, JA. 2004. Beneficios ambientales en la disminución de la erosión y la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo bajo rodales de guadua en el eje cafetero colombiano. Trabajo de Grado para optar al título de Administrador del Medio Ambiente. Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira. 125 p.
- Rodríguez, JA. 2011. Desarrollo de un sistema de monitoreo de calidad del suelo para agroecosistemas en la Zona Cafetera de Colombia. Tesis Maestría en Ecotecnología. Pereira, Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales. 110 p.
- Rodríguez, JM; Camargo, JC; Niño, J; Pineda, AM; Echeverry, MA; Miranda, CL. 2009. Valoración de la biodiversidad en la Ecorregión del Eje Cafetero. Pereira, Colombia, CIEBREG. 238 p.
- VCS (Voluntary Carbon Standard). 2011. Methodology for carbon accounting in project activities that reduce emissions from mosaic deforestation and degradation. Approved Methodology VM007 Version 1.0: Sectoral Scope 14. Disponible en: <http://www.v-c-s.org/methodologies/what-methodology>
- Yiping, L; Yanxia, L; Buckingham, K; Henley, G; Guomo, Z. 2010. Bamboo and climate change mitigation. Red Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR). Disponible en: www.INBAR.int
- Zhou, SL; Ma, NX; FU, MY. 1994. A compendium of Chinese bamboo. Beijing, Forestry Publishing House.