



# CAPÍTULO 6

## SECUESTRO Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO: CAPTURAS DE CARBONO POR PAGOS DE SERVICIOS AMBIENTALES

Christian Felipe Valderrama López

Julián Andrés Castillo Vargas

José Camilo Torres Romero

Angélica Rocío Guzmán Lenis

Víctor Fabián Forero Ausique

Carlos Mario Duque Chaves

Yulian Adalberto Sepúlveda Casadiego

Sandra Patricia Montenegro Gómez<sup>10</sup>

### 6.1. Introducción

De acuerdo al último reporte generado por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) en el Acuerdo de París, se hizo explícito el impacto de la alteración del ciclo del carbono sobre la temperatura y se acordó la meta global de controlar la emisión de carbono atmosférico para mitigar el impacto en la temperatura global (UN, 2015). Si bien, basados en los requerimientos energéticos del mundo se pronostica un incremento considerable de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), al comparar las emisiones del año 2015 con las de los siguientes años como resultado de esta tendencia, las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía aumentaron un 1,4% en 2017, después de tres años sin cambios.

Diferentes países están tomando medidas para mitigar el cambio climático a través de diferentes estrategias de participación, innovación e investigación para disminuir las emisiones de carbono conceptualizando los servicios ecosistémicos en algunos países más desarrollados que Colombia como Francia y España, que

<sup>10</sup> Docentes Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente.

Correos electrónicos de contacto: christian.valderrama@unad.edu.co, andres.castillo@unad.edu.co, jose.torres@unad.edu.co.

desde el 2015 han disminuido sus emisiones de carbono. Sin embargo, países en vías de desarrollo a pesar de que emiten menos  $\text{CO}_2$  que los países industrializados, tampoco cuentan con políticas eficaces para la disminución del material particulado. En Colombia, ciudades como Bogotá padecen de una contaminación bastante más alta que ciudades con equivalentes poblacionales en países desarrollados como Londres, Nueva York o París. Por ejemplo, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), tres de las principales ciudades de Colombia (Bogotá, Medellín y Cali) se destacan por estar entre las 20 ciudades más contaminadas de América Latina desde hace ya más de 5 años.

Este capítulo tiene como finalidad presentar los objetivos fundamentales que permiten teorizar el servicio ecosistémico de secuestro y almacenamiento de carbono mediante experiencias en países que poseen características similares a las de Colombia, y en ese sentido pueden ser entendidos como experiencias útiles que pueden contribuir para el acercamiento al concepto desde una perspectiva académica y significativa.

## 6.2. ¿Qué es la captura de carbono?

El  $\text{CO}_2$  es un Gas de Efecto Invernadero (GEI) al igual que el vapor de agua, el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y el ozono ( $\text{O}_3$ ), que se encuentra de forma natural en la atmósfera pero que aumentan en concentración por actividad antrópica. Grandes industrias están aumentando la concentración atmosférica de  $\text{CO}_2$  y así aumentando el efecto invernadero. Las emisiones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CO}$  se producen cuando se quema combustible para conseguir energía por combustión o prácticas no saludables para el ambiente como la quema de “maleza” para “limpiar” el suelo.

La captura y almacenamiento de  $\text{CO}_2$  es una de las técnicas utilizadas para reducir sus emisiones (IPCC & UNEP, 2005). La captura y almacenamiento de carbono, consiste en capturar el  $\text{CO}_2$  emitido por procesos de combustión controlada en industrias, transportarlo y someterlo a un ambiente subterráneo dentro de formaciones geológicas adecuadas con miras a su almacenamiento permanente. No se trata únicamente de almacenar el gas bajo la tierra, en galerías, se busca que las moléculas consigan asociarse a su medio de manera duradera por procesos de fijación o reacciones químicas favorables en los entornos que son colocados (Alenza-García, 2011)

### 6.3. ¿Cómo funcionan los servicios ambientales y la captura de carbono?

Durante la última década, se ha visto a nivel global un amplio surgimiento de la valoración de los bienes y servicios ecosistémicos, especialmente aquellos que están relacionados con la protección de los bosques y la regulación hidrológica de las cuencas, la conservación de la biodiversidad y las estrategias potenciales para la captura del carbono (González & Riascos, 2007).

Un servicio ambiental que es susceptible de incorporación en los esquemas de pagos por servicios ambientales, es la captura de carbono. El CO<sub>2</sub> es posiblemente uno de los GEI que mayor incidencia tiene en el cambio climático y el calentamiento global y ha sido considerado como uno de los principales gases a reducir desde el protocolo de Kioto (UN, 1998). Hoy día existen diferentes estrategias de captación, ya sea a través de la conservación de los bosques, la plantación de nuevos árboles (Ordoñez, 2008) o la aplicación de tecnologías para el sector agropecuario o industrial.

La implementación de diferentes estrategias y prácticas agropecuarias, pueden generar servicios ambientales que podrían cambiar la perspectiva hacia el uso del suelo y manejo de especies arbóreas, ya que la asociatividad con los bosques ofrece múltiples servicios. En algunos países latinoamericanos estas prácticas están adquiriendo importancia financiera de ciertos servicios vinculados con sus recursos naturales y ambientales (Azqueta & Sotelsek, 1999). En el caso de Colombia, en la última década, la Federación de Ganaderos de Colombia (FEDEGAN) y el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), han fomentado el establecimiento de sistemas silvopastoriles, buscando mejorar la productividad de los sistemas ganaderos y recuperar áreas de pasturas deterioradas a través de asociaciones entre pastos y especies forrajeras como la *Leucaena leucocephala*, entre otras, y pasturas mejoradas con alta densidad de árboles, generando el beneficio ambiental del almacenamiento del carbono y mejoramiento de los suelos, conservación de la biodiversidad y regulación hídrica (Zapata *et al.*, 2006).

### 6.4. ¿Cómo funciona la captura de carbono?

El carbono capturado bruto (el situado en el tronco de los árboles, y únicamente asociado al crecimiento de la masa), en parte, es fácilmente cuantificable y, por lo tanto, su valoración no resulta complicada, a diferencia de

otros servicios ambientales. Por otro lado, resulta evidente que esta función es universal a todos los sistemas forestales, ya que es inherente al crecimiento de los mismos.

A la hora de incluir en el análisis el carbono capturado, es necesario tener en cuenta diversos aspectos. En primer lugar, definir la forma que se elige para medir el incremento en la captura de carbono y cómo pueden contribuir los sistemas forestales a la fijación del carbono atmosférico. Por un lado, estaría el carbono capturado por los árboles en su proceso de crecimiento y después de almacenado, cuando las masas alcanzan edades en las cuales el crecimiento es muy pequeño. A este carbono se le suele denominar carbono bruto, y su dificultad en la medición radica en la precisión elegida en el análisis. Así, mientras que el carbono almacenado en los troncos es fácil de medir, no ocurre lo mismo con el carbono dispuesto en otros estratos (raíces, hojarasca, leñas, etc.).

Otro aspecto importante a considerar dentro de la eficiencia del proceso de acumulación de carbono, es el uso que se le da a la madera ya que, si se destina a productos que presenten una mayor vida útil, se logrará que la re-emisión de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera sea retardada. Es decir, en este caso se mediría no el carbono bruto, sino el carbono neto calculado. En efecto, en este sentido, tendríamos que tener en cuenta el carbono en los distintos productos obtenidos a partir de la madera, con independencia de su uso y de su cualidad de producto final o intermedio. También aquí habría que contabilizar los productos susceptibles de ser reciclados. Sirve aclarar que, en muchas ocasiones, la diferencia entre ambas formas de medir el carbono viene dada por la falta de integración a lo largo de la cadena de valor de la madera. Es decir, el carbono asociado al proceso de fabricación de los distintos productos derivados de la madera está englobado dentro del sector industrial, no del forestal.

De acuerdo a Balteiro & Romero (2004), la captura de carbono funciona de la siguiente manera, dividiendo su proceso en tres etapas:

- **Captura de  $\text{CO}_2$  en la fuente:** se separa de los otros gases que se generan en los procesos industriales y en las fuentes fijas se captura el gas con la tecnología actual. La mayoría de las emisiones proceden del sector industrial y de las centrales térmicas. La captura de  $\text{CO}_2$  puede realizarse antes, durante o después de la combustión.

- **Transporte de CO<sub>2</sub> capturado:** el carbono debe ser comprimido para reducir su volumen y obtener la presión necesaria para su inyección, posteriormente se traslada a un lugar de almacenamiento apropiado.
- **Almacenamiento de CO<sub>2</sub>:** esta actividad se realiza en diversos tipos de almacén subterráneo a ochocientos metros de profundidad por lo menos, ya que, a partir de esa profundidad, la presión permite almacenar el gas en volúmenes menores que los que requeriría para almacenar el mismo gas en la superficie.

### 6.5. Metodologías para estimar la captura de carbono

Existen diferentes métodos para estimar la cantidad de carbono (en la forma de CO<sub>2</sub>) en las actividades agropecuarias, estandarizadas mediante protocolos para Colombia (Yepes *et al.*, 2011). Sin embargo, se considera que una herramienta eficiente para estimar la biomasa aérea y el contenido de carbono, son los métodos alométricos. Existen 44 métodos alométricos diferentes para determinar la biomasa de los bosques Colombianos (Álvarez *et al.*, 2011). En el caso de las actividades forestales, se puede identificar uno de estos como es el “método de existencias” (Seppänen, 2006), el cual describe lo siguiente: Permite estimar la existencia de carbono en dos momentos, cuya diferencia es la cantidad de carbono fijado en la biomasa, y su equivalente en CO<sub>2</sub> es el absorbido de la atmósfera. Este método se aplica por cada elemento que conforma una biomasa y la biomasa de los árboles se divide en fuste, ramas gruesas, delgadas, hojas, tocón, raíces gruesas y raíces delgadas (Seppänen, 2006).

### 6.6. Comercio de los bonos de carbono

Los bonos de carbono son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente. En el protocolo de Kioto para la reducción de GEI, uno de los tres mecanismos propuestos es el bono de carbono. Este sistema ofrece incentivos económicos a las empresas que contribuyan a la mejora del sistema operativo de la calidad ambiental, y funciona como un bien canjeable en donde se tiene el derecho a emitir CO<sub>2</sub> por el pago de unos bonos cuyos precios están establecidos en el mercado (Eguren, 2004). El objetivo principal de los bonos de carbono es ayudar a reducir los gases de efecto invernadero, especialmente en los países industrializados, que son los que más contaminan.

Existen dos tipos de mercados de carbono. El primero es el mercado regulado, enmarcado en reglas internacionales definidas en el Protocolo de Kioto. El segundo es el mercado voluntario, que no se encuentra regulado e incluye una amplia variedad de relaciones comerciales y estándares voluntarios para los proyectos (Seeberg-Elverfeldt, 2010), también conocidos como Certificados de Emisión Reducida (CER). Por ejemplo, cada país tiene un compromiso límite de GEI, si lo sobrepasa, puede legalizar sin multa su emisión comprando bonos de carbono a otros países menos contaminantes. Este mecanismo no es solo entre naciones, entre empresas se ha vuelto una práctica común. Si una empresa desarrolla una estrategia para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> de forma voluntaria y está interesada en vender su bono a otra empresa que esté obligada a reducir sus gases contaminantes en otro país, puede hacerlo sin problemas, a través del Mercado de Carbono. (Eguren, 2004)

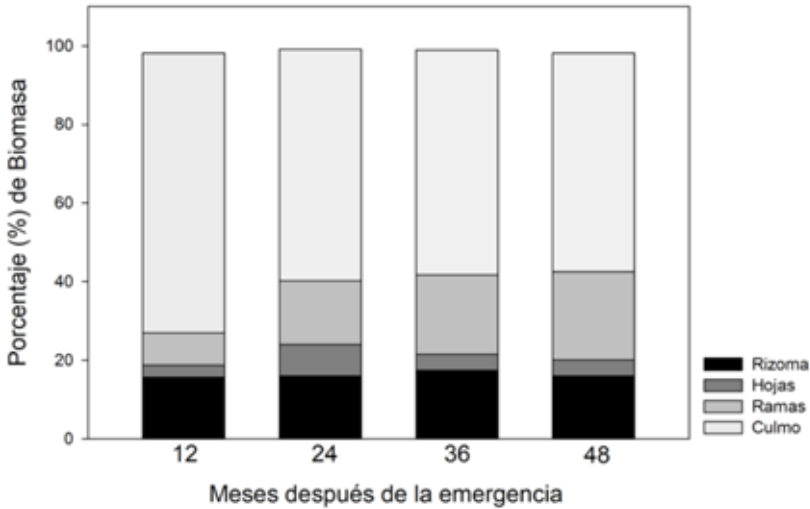
La creación de un mercado voluntario de CO<sub>2</sub> en países desarrollados entre 2011 y 2015, es uno de los proyectos de mayor importancia financiados por el Banco Interamericano de Desarrollo, que tienen como objetivo incentivar proyectos de mitigación voluntaria de carbono, y motivar a los grandes empresarios a que compren bonos de carbono sin obligarlos legalmente. Esto con el fin de facilitar el financiamiento para la conservación de sumideros de carbono como las selvas y bosques colombianos. Los bonos de carbono no solo generan un beneficio económico y medioambiental, también generan beneficios sociales, crean empleos y además se concientiza a la población sobre una cultura de conservar y cuidar el entorno donde se llevan a cabo los proyectos.

### **6.7. Experiencias de captura de carbono en el área agropecuaria, forestal y ambiental**

Dentro de las experiencias que más sobresalen en diferentes investigaciones sobre captura de carbono en Colombia, a modo de ejemplo, se pueden encontrar las siguientes:

Una plantación de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth.) en la ciudad de Pereira, Colombia, en el año 2003, fue estudiada con el propósito de determinar el patrón de crecimiento y eficiencia de secuestro de carbono. La plantación se estableció con una densidad de 625 plantas por hectárea, en un suelo utilizado anteriormente para ganadería. Cuando se cuantifico la biomasa seca por compartimento,

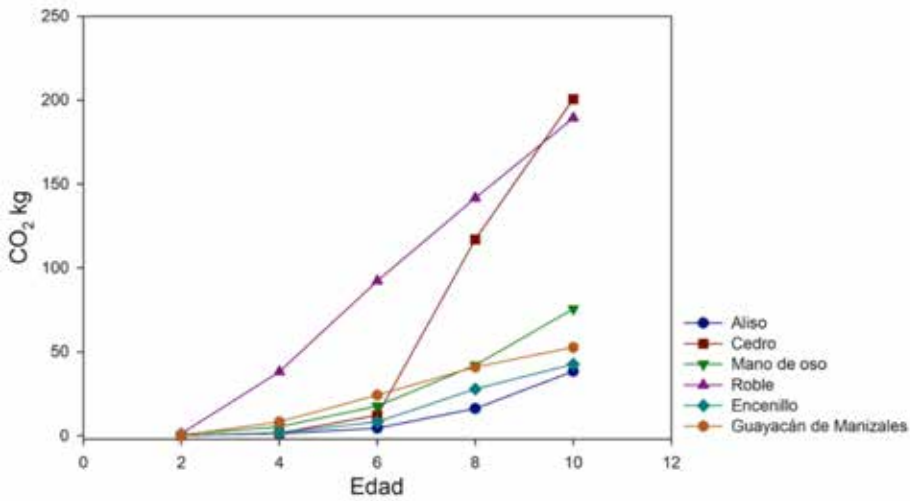
los resultados mostraron que esta se localiza principalmente en la parte aérea (Figura 6.1), por lo tanto, de las 76 ton CO<sub>2</sub>/ha que la planta fija, el 83% se alberga en la parte aérea de la planta. Por su rápido crecimiento, se concluyó que la capacidad de fijar carbono y la posibilidad de un uso comercial constituyen una importante opción productiva para regiones con condiciones biofísicas similares (Camargo *et al.*, 2010).



**Figura 6.1.** Porcentaje de biomasa seca en cada compartimento de *G. angustifolia*, en diferentes estados de madurez.

Tomado de: Camargo & colaboradores (2010).

En otra experiencia en Colombia, se determinó la capacidad de absorción de carbono en seis especies forestales (Aliso, Cedro, Mano de oso, Guayacán de Manizales, Roble y Encenillo) en hojas, ramas, fuste y raíces, dentro del Parque Ecológico La Poma, ubicado en el municipio de Soacha, Cundinamarca (Figura 6.2). Se realizaron análisis químicos en muestras de 100 g de materia seca para calcular el carbono contenido. Se encontró que el Guayacán de Manizales (*Lafoensia acuminata*) presentó la mayor relación de carbono respecto a su biomasa, con hasta un 40% en relación a la muestra, pero las especies como el roble (*Quercus humboldtii*) y el cedro (*Cedrela montana* Moritz ex Turcz.) lograron captar hasta 200 kg/CO<sub>2</sub> en sus primeros 10 años, convirtiéndose en especies potenciales a considerar, dentro de proyectos ecológicos por compensación en Colombia ((Díaz Cepeda & Velásquez Camacho, 2015)



**Figura 6.2.** CO<sub>2</sub> equivalente total contenido en las seis especies forestales procedentes del PEP-Soacha. Tomado de: Díaz Cepeda & Velásquez Camacho (2015).

En el municipio de Cauca, Antioquia, se realizó un estudio con el objetivo principal de estimar y evaluar el servicio ambiental de captura de carbono en un sistema silvopastoril de acacia (*Acacia mangium*) con pasto brachiaria (*Brachiaria dyctioneura*), en baja y alta densidad de siembra. Por otro lado, se evaluó el flujo de carbono de los bovinos al suelo a través de heces. Se identificó que la cantidad de carbono en los árboles, las pasturas y el suelo fue de 65,8 ton C/ha en la parcela de alta densidad y 70,6 ton de C/ha en la parcela de la baja densidad (Tabla 6.1). En los potreros sin árboles (pasturas y suelo), se alcanzaron 38,1 ton de C/ha (Giraldo et al., 2006).

**Tabla 6.1.** Cantidad de carbono estimado (ton/ha) en árboles de *A. mangium*, el pasto *B. dyctioneura* y suelo en parcelas con alta y baja densidad de siembra.

Compartimiento	Control	Baja densidad	Alta densidad
	(ton C/ha)		
Parte aérea <i>A. mangium</i>	--	30,2	35,5
Parte raíz <i>A. mangium</i>	--	6,0	7,1
Parte aérea <i>B. dyctioneura</i>	2,49	1,21	0,63
Parte raíz <i>B. dyctioneura</i>	15,2	13,5	5,9
Suelo (0-15 cm)	20,4	19,7	16,7
<b>Total C</b>	<b>38,1</b>	<b>70,6</b>	<b>65,8</b>

Fuente: Giraldo & colaboradores (2005).



## 6.8. Consideraciones finales

A partir de los últimos compromisos establecidos por Colombia para reducir el 20% de sus emisiones de GEI para el año 2030 (García *et al.*, 2016), bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), se debe considerar la importancia que hoy en día representan los servicios ambientales dentro de las diferentes estrategias para mitigar y controlar el cambio climático; es por ello que a partir de la estrategia de captura de CO<sub>2</sub>, se pueden implementar alternativas asociadas a la preservación y mejoramiento de los ecosistemas forestales con sistemas productivos (Balteiro & Romero, 2004), que generen una simbiosis entre el desarrollo económico y el medio ambiente, para reducir las tasas de emisión de carbono a la atmosfera.

## 6.9. Estudio de caso: proyecto forestal en la cuenca del río Chinchiná, para el desarrollo forestal sostenible y los servicios ambientales

El proyecto se desarrolla en la cuenca hidrográfica del río Chinchiná (Caldas), la cual ha sido seleccionada para establecer un proyecto forestal sostenible, orientado a preservar los cuerpos de agua, la biodiversidad y generar alternativas de producción para la ciudad de Manizales y la región aledaña. Esta se encuentra ubicada en el departamento de Caldas, tiene una extensión aproximada a las 113.000 ha. Su territorio va desde los 780 msnm en la desembocadura en el río Cauca hasta los 5.400 msnm en el Nevado del Ruiz, siendo un ecosistema estratégico que aporta el 70% del PIB para este Departamento (MAVDT, 2008).

Este proyecto es el primero registrado por Colombia ante las Naciones Unidas como Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), con el propósito de generar beneficios de mitigación del cambio climático a través de la captura de CO<sub>2</sub>, el mejoramiento de la calidad del agua y la protección de la fauna y flora de la región a través de la articulación de corredores biológicos interconectados entre fragmentos de bosque natural con las áreas restauradas (PROCUENCA, 2015).

Se caracteriza por ser un proyecto que genera nuevas actividades económicas para el desarrollo de la región Caldense, a través de alternativas productivas que contribuyan con el encadenamiento productivo de la actividad forestal, como la agroforestería, los sistemas silvopastoriles, los cultivos mixtos, lineales y en bloque (Alclima, 2015).

### 6.9.1. Principales logros del proyecto

De acuerdo al informe de (MAVDT, 2008), se resaltan los siguientes logros:

- Se definió un sistema de medición de impactos ambientales, en cooperación con Conservación Internacional, PROAVES, CORPOCALDAS y Aguas de Manizales.
- Avance en la inclusión del proyecto en el mecanismo de desarrollo limpio a mediano plazo con el propósito de comercializar certificados de emisiones reducidas (CERs) en el marco del protocolo de Kioto.
- Se está trabajando en conjunto con CENICAFÉ, en mejoramiento genético y silvicultural de especies nativas promisorias, así como en el control y manejo de eventos fitosanitarios.
- Se está trabajando de manera articulada con el SENA mediante la Escuela de Liderazgo Forestal, a través de programas de educación ambiental en colegios y escuelas rurales de la cuenca.
- Se desarrolló una metodología de acción y participación para vincular al productor.

### 6.10. Evaluación del capítulo

1. ¿En qué consiste la captura y almacenamiento de carbono?
2. ¿Cuáles son las estrategias usadas para la captación de carbono?
3. ¿Qué es el carbono bruto y el carbono neto calculado? ¿Cómo se miden cada uno de ellos?
4. ¿Cuáles son los métodos usados para estimar el contenido de carbono? Explique cada uno de ellos.
5. ¿En qué consiste el uso de bonos de carbono o mercado del carbono? ¿Cuáles empresas en Colombia usan estos bonos?

---

## Referencias

- Alenza-García, J.F. (2011). El nuevo régimen legal del almacenamiento geológico del dióxido de carbono. *Revista de Administración Pública*, 185, 289-232.
- Álvarez, E., Saldarriaga, J.G., Duque, A.J., Cabrera, K.R., Yepes, A.P., Navarrete, D.A., & Phillips, J. (2011). *Selección y validación de modelos para la estimación de la biomasa aérea en los bosques naturales de Colombia*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Alclima. (2015). *Proyecto Forestal para recuperar la cuenca del río Chinchiná, una alternativa ambiental y productiva*. Recuperado de: <https://mukuralab.com/alclima.semana.com/Proyecto/proyecto-forestal-para-recuperar-la-cuenca-del-rio-chinchina-una-alternativa>

- Azqueta, D., & Sotelsek, D (1999). Ventajas comparativas y explotación de los recursos ambientales. *Revista de la cepal*, 68, 115-134.
- Balteiro, L.D., & Romero, C. (2004). *La captura de carbono y la gestión forestal*. España: Ministerio de Educación y Ciencia, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
- Camargo, J. C., Rodríguez, J. A., & Arango, A. M. (2010). Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 94.
- Díaz-Cepeda, B.D., & Velásquez-Camacho, L.F. (2015). Análisis de captura de carbono en seis especies forestales nativas (3 esciofitas-3 heliofitas) plantadas con fines de restauración en el Parque Ecológico La Poma (PEP) - sabana de Bogotá - Colombia. *Mutis*, 5(2), 46-54.
- Eguren, L. (2004). *El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas*. Santiago de Chile, Chile: División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica de América Latina y el Caribe. Recuperado de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5620/1/S043136\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5620/1/S043136_es.pdf)
- García Arbeláez, C., Vallejo, G., Higgings, M.L., & Escobar, E.M. (2016). *El acuerdo de París. así actuará Colombia frente al cambio climático*. Cali, Colombia: WWF - Colombia. Recuperado de: [http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/documentos\\_tecnicos\\_soporte/Así\\_actuará\\_Colombia\\_frente\\_al\\_cambio\\_climático.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/documentos_tecnicos_soporte/Así_actuará_Colombia_frente_al_cambio_climático.pdf)
- Giraldo, L.A. Zapata, M.; & Montoya, E. (2006). Estimación de la captura y flujo de carbono en silvopastoreo de *Acacia mangium* asociada con *Brachiaria dyctioneura* en Colombia. *Pastos y Forrajes*, 29(4), 421-435.
- González, Á. & Riascos, E. (2007). Panorama Latinoamericano del pago por Servicios Ambientales. *Gestión y Ambiente*, 10(2), 129-144.
- IPCC & UNEP. (2005). *Carbon dioxide capture and storage*. [B., Metz, O. Davidson, H. C. de Coninck, M. Loos, & L. A. Meyer (eds.)]. New York: Cambridge University Press. Recuperado de: [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs\\_wholereport.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_wholereport.pdf)
- MAVDT, Parques Nacionales Naturales, WWF, Conservación Internacional y The Nature Conservancy. (2008). *Reconocimiento de los Servicios Ambientales: Una Oportunidad para la Gestión de los Recursos Naturales en Colombia*. S.C. Ortega (Ed). Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Recuperado de: [http://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/Books/BWunder0801.pdf](http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BWunder0801.pdf)
- Ordoñez, J.A.B. (2008). Cómo entender el manejo forestal, la captura de carbono y el pago de servicios ambientales. *Ciencias*, 90, 37-42.
- PROCUENCA. (2015). MDL Forestal Chinchiná - Verificación del modelo de indicadores para evaluar los cambios en la biodiversidad del proyecto MDL forestal (Procuenca) para la cuenca del río Chinchiná. Recuperado de: [http://selva.org.co/areas-de-investigacion/biodiversidad-servicios-ambientales-cambio-climatico/indicadores\\_biodiversidad\\_md/](http://selva.org.co/areas-de-investigacion/biodiversidad-servicios-ambientales-cambio-climatico/indicadores_biodiversidad_md/)
- Seeberg-Elverfeldt, C. (2010). *Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor*. Roma: Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/012/i1632s/i1632s.pdf>
- Seppänen, P. (2006). Secuestro de carbono a través de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo de detalles. *Foresta Veracruzana*, 4(2), 51-58.

- UN. (1998). *Protocolo de Kyoto de la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. United Nations. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- UN. (2015). *Acuerdo de París*. Paris. United Nations. Recuperado de: [https://unfccc.int/files/meetings/paris\\_nov\\_2015/application/pdf/paris\\_agreement\\_spanish\\_.pdf](https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf)
- Yepes, A.P., Navarrete, D.A., Duque, A.J., Phillips, J.F., Cabrera, K.R., Álvarez, E., & Ordoñez, M.F. (2011). *Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa de carbono en Colombia*. Bogota D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Zapata, Á., Murgueitio, E., Mejía, C., Andrés., Zuluaga, F., & Ibrahim, M. (2006). Efecto del pago por servicios ambientales en la adopción de sistemas silvopastoriles en paisajes ganaderos de la cuenca media del río La Vieja, Colombia. *Agroforestería en las Américas*, 45, 92.