

Compensación forestal del sistema estratégico de transporte de pasajeros (SETP) de Sincelejo - Colombia

Compensation forest the strategic system of passenger transportation (SETP) Sincelejo – Colombia

Vergara F, Vicente^{1*} M. Sc, Pretelt B, Viviana² Esp.

¹ Universidad de Sucre. Grupo de investigación Conservación del Recurso Hídrico y de Alimentos "CRHIA", Sincelejo, Colombia.

²Universidad Libre, Barranquilla, Colombia.

Keywords:

Compensation;
exploitation;
forest;
CAR;
CO₂;
Biomass.

Abstract

This study carried out an evaluation of the forestry compensations carried out within the framework of the project for the implementation of the Strategic Passenger Transport System (SETP) of the Municipality of Sincelejo, Colombia, in order to obtain a benchmark for their efficiency. Initially, the secondary information represented in the resolutions on forest harvesting permits and the reports on compliance with the aforementioned resolutions were collected. This information allowed to identify the number of plants and the places where they were planted. Subsequently, the existing trees of the forestry compensation products framed in the project taken as a reference of the study were inventoried and the total utilizable volume of them was estimated, resulting in 8.07 m³. This data was calculated from a total of 1,141 species from measures of useable height (Height boom) and Diameter to Height of Chest (DAP). Based on the number of existing trees, the impact generated by the evaluated forest clearances, as regards biomass production and CO₂ capture, was concluded as positive.

Palabras Clave:

Compensación;
aprovechamiento;
forestal;
CAR;
CO₂;
biomasa.

Resumen

En este estudio se realizó una evaluación de las compensaciones forestales realizadas en el marco del proyecto de implementación del Sistema Estratégico de Transporte de Pasajeros (SETP) del Municipio de Sincelejo – Colombia, con la finalidad de obtener un referente de eficiencia de estas. Inicialmente se recolectó la información secundaria representada en las resoluciones de permisos de aprovechamiento forestales y los informes de cumplimiento de las mencionadas resoluciones. Esa información permitió identificar el número de plantas y los lugares donde fueron sembradas. Posteriormente fueron inventariados los árboles existentes productos de las compensaciones forestales enmarcadas en el proyecto tomado como referencia del estudio y se estimó el volumen aprovechable total de los mismos, obteniéndose como resultado 8,07 m³. Este dato fue calculado de un total 1.141 especies a partir de medidas de altura aprovechable (Altura fuste) y Diámetro a Altura de Pecho (DAP). En función de la cantidad de árboles existentes se concluyó como positivo el impacto generado por las compensaciones forestales evaluadas, en cuanto a la producción de biomasa y captura de CO₂.

INFORMACIÓN

Recibido: 19-10-2016;

Aceptado: 28-03-2017.

Correspondencia autor:
viceunisucre@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

El deterioro ambiental en Colombia se aceleró desde el siglo pasado, en términos de la destrucción de bosques y coberturas vegetales, ejerciéndose una presión excesiva sobre la flora, fauna, suelos, cuerpos de agua y el aire. (PARRA y RESTREPO, 2014)

Las obras civiles generan impactos ambientales, específicamente agotamiento y contaminación de recursos naturales, deforestación, entre otros. En el país la construcción vial es tal vez la actividad antrópica que más deterioro ambiental ha generado y que constituyó nuevos e incontrolados frentes de deforestación (NARIÑO, 2007). Del total de los recursos consumidos a nivel mundial, el sector de la construcción utiliza el 40% de arena y piedras, el 25% de la madera virgen, el 16% de la madera y el 40% de la energía (VALDIVIOA, 2009). En la actualidad, los proyectos de ingeniería deben cumplir una normatividad ambiental que, en términos internacionales, es relativamente exigente y que incluye la obligación de realizar una serie de estudios ambientales para seleccionar la mejor alternativa y las medidas de compensación que ayuden a mitigar los impactos ambientales del proyecto (NARIÑO, 2007).

De acuerdo a la normatividad ambiental colombiana cada persona, natural o jurídica, que requiera talar árboles deberá solicitar un permiso de aprovechamiento forestal ante la autoridad ambiental competente, (MINISTERIO DE AMBIENTE, 1996; PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, 1974). Asimismo, la persona que ejecute esa actividad debe realizar una compensación forestal, de acuerdo a las obligaciones establecidas por la entidad que otorga el permiso mediante una resolución, donde se establece la cantidad de árboles y las especies que se deben sembrar (MINISTERIO DE AMBIENTE, 1996).

El programa de Ciudades Amables se estableció mediante la ley 1151 de 2007, estrategia que desarrolla diferentes acciones que permitirían estructurar movi­lidades eficientes. En este sentido, la Nación ha cofinanciado los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) para las ciudades de más de 500.000 habitantes y los Sistemas Estratégicos de Transporte Público (SETP) para las ciudades que tienen una población entre 250.000 y 500.000 habitantes (CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL, 2010). El Municipio de Sincelejo por medio del Decreto 393 de 2010 decidió adoptar el SETP y para la implementación del mismo se creó una empresa de Sociedad por Acción Simplificada (S.A.S.) denominada Metro Sabanas S.A.S. (ALCALDÍA DE SINCELEJO, 2010), la cual viene realizando una serie de obras civiles para su implementación. Durante la ejecución de estas obras ha sido necesaria la tala de árboles de distintas

especies ubicados en espacio público del municipio. De acuerdo a lo mencionado las empresas contratistas encargadas de la ejecución de las obras realizaron la debida solicitud de aprovechamiento forestal y se acogieron a las obligaciones de compensación establecidas por la Corporación Autónoma Regional de Sucre (CARSUCRE), quien emitió resoluciones de autorización para tal fin. (CARSUCRE, 2012 a; CARSUCRE, 2012 b; CARSUCRE, 2013 a; CARSUCRE, 2013 b; CARSUCRE, 2013 c; CARSUCRE, 2014 a; CARSUCRE, 2014 b; CARSUCRE, 2014 c; CARSUCRE, 2015 a; CARSUCRE, 2015 b). En estas resoluciones se obliga a cada contratista a sembrar 5 individuos vegetales por cada árbol talado.

Captura de dióxido de carbono (CO₂) por plantas.

Los beneficios ambientales generados por sistemas forestales y agroforestales, se encuentran ligados a la producción de biomasa, la cual indica el crecimiento de las plantas, al tiempo que se libera oxígeno (O₂) a la atmosfera y se captura dióxido de carbono (CO₂) de la misma. Esto se hace mediante la fotosíntesis dándose una serie de reacciones de asimilación de elementos extraídos del ambiente, siendo el carbono el primordial para la construcción biomolecular (AZCON y TALON, 2013). La biomasa a través de un proceso de fijación al descomponerse se convierte en parte del suelo (IPPOLITI *et al.*, 2016).

El CO₂ es un gas de efecto invernadero generado en distintas actividades antrópicas; y las plantas representan gran valor ambiental teniendo en cuenta la capacidad que tienen para capturarlo (SEPPÄNEM, 2002). Las plantas y los suelos funcionan como sumideros de carbono a través del secuestro biótico (CHEN, 2015). Estudios relacionan la producción de biomasa con la fijación de carbono en sistemas agroforestales (SEPPÄNEM, 2002; OROZCI *et al.*, 2014; ACOSTA, 2011; PIMIENTA *et al.*, 2007; MONTERO *et al.*, 2006), en función de esto las plantaciones pueden vender derechos al carbono fijado en la biomasa producida (Bonos de Carbono), con el fin de mitigar el impacto ambiental generado por distintas actividades productivas a nivel mundial (SEPPÄNEM, 2002). La captura de carbono de la atmosfera es superior cuando existe diversidad en la vegetación del sistema (DAYAMBA *et al.*, 2016).

El objetivo de este trabajo fue evaluar las compensaciones forestales realizadas, entre los años 2012 y 2015, en el marco del proyecto de implementación del Sistema Estratégico de Transporte de Pasajeros (SETP) del municipio de Sincelejo, como alternativa de manejo a los impactos ambientales generados por los aprovechamientos forestales, teniendo en cuenta la supervivencia de las especies

sembradas como medida compensatoria. Se pretende que estos resultados también se conviertan en referente nacional e internacional sobre si realmente las controvertidas compensaciones forestales están cumpliendo con su razón de ser.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El presente corresponde a un estudio de caso y fue realizado en el municipio de Sincelejo, ubicado al norte de Colombia, en la Costa Caribe. Sincelejo geográficamente se ubica en las coordenadas 9° 18' 0" N, 75° 23' 0" W, presenta paisaje de montaña, está formado por un relieve irregular con una altura sobre el nivel del mar de 213 m, edafológicamente está constituido por areniscas calcáreas y calizas, la temperatura promedio es de 27,15°C, presenta precipitaciones de 1295,2 l/m² y una humedad media anual de 80%. (ALCALDIA DE SINCELEJO, 2012)

Recolección de información: Inicialmente se realizó una visita a la Corporación Autónoma Regional de Sucre (CARSUCRE), donde se tuvo acceso a las resoluciones por medio de las cuales se autorizaba el aprovechamiento forestal de árboles ubicados en espacio público y a los informes de cumplimiento presentados por cada entidad contratista del proyecto encargadas de realizar el aprovechamiento y responsables del cumplimiento de las obligaciones establecidas en las resoluciones de aprobación. En total fueron cuatro contratistas; Equipo Universal S. A. (Contratista uno), Consorcio Mega Estructuras (Contratista dos), Consorcio Sincelejo Amable (Contratista tres) y Consorcio Parque Santander (Contratista cuatro). De estos documentos se obtuvo la cantidad de árboles solicitados para aprovechamiento, la ubicación de la compensación realizada, las especies sembradas y el número de árboles sembrados.

Visitas de Campo: Se realizaron visitas de campo a los distintos sitios donde se realizaron las compensaciones, en el Municipio de Sincelejo. Una vez en el sitio se contabilizaron los árboles y se tomó el tiempo transcurrido desde la siembra, además se hicieron mediciones mediante cinta métrica de alturas de fuste y Diámetro a Altura de Pecho (DAP), con esos datos se determinó los volúmenes aprovechables. Asimismo se identificó tipo de especies establecidas en el total de los árboles de cada área de compensación.

Análisis de la información: Los datos encontrados fueron tabulados en tablas de Microsoft Excel para cada una de las entidades contratistas con el fin de realizar una estimación del volumen aprovechable y las especies sembradas para cada entidad. Con esta información se realizó un análisis en términos

de captura de CO₂ y del impacto ambiental que han tenido los aprovechamientos forestales realizados en el proyecto de Implementación del Sistema Estratégico de Transporte Público SETP en Sincelejo.

RESULTADOS

Para cada una de las entidades contratistas se encontró la siguiente información:

Contratista uno. De las especies sembradas por el contratista uno como compensación forestal entre los años 2012 y 2013 se encontraron 488 individuos sobrevivientes (Tabla 1), entre ornamentales, forestales y frutales, que se ubicaron en los barrios Las Margaritas, La Palma, Argelia, El Cabrero y La Universidad de Sucre en las coordenadas 9° 18' 37,62 N 75° 22' 42,96" O, 9° 18' 39,92 N 75° 23' 27,63" O, 9° 17' 37,8 N 75° 23' 38,57" O, 9° 18' 51,91 N 75° 23' 42,83" O y 9° 19' 02,95 N 75° 23' 18,33" O respectivamente. La mayor cantidad de especies está representada en *Ixora coccínea* (Coralito), con 184 individuos que corresponden al 37,7% de esa compensación, esta especie ornamental se encontró ubicada en espacios públicos como parte del diseño urbanístico del proyecto. Seguidamente *Mangifera indica* (Mango) con 133 individuos que corresponden al 27,25 %, este árbol frutal mayoritariamente se encontró ubicado en el espacio público del barrio Las Margaritas y en la Universidad de Sucre.

Tabla 1. Especies existentes de la compensación forestal realizada por el Contratista uno.

Nombre Científico	Nombre común	Porcentaje %	No. De árboles
<i>Annona squamosa</i>	Anón	2,25	11
<i>Murraya paniculata</i>	Azahar de la India	0,20	1
<i>Chrysophyllum cainito L.</i>	Caimito	1,02	5
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	0,41	2
<i>Ixora coccínea</i>	Coralito	37,70	184
<i>Duranta</i>	Duranta	0,20	1
<i>Lonchocarpus domingensis</i>	Guama	0,82	4
<i>Annona muricata</i>	Guanábana	9,02	44
<i>Psidium araca</i>	Guayaba Agria	4,10	20
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba Dulce	1,43	7
<i>Melicoccus bijugatus</i>	Mamón	2,05	10
<i>Annona muricata</i>	Mandarina	0,20	1
<i>Mangifera indica</i>	Mango	27,25	133
<i>Citrus × aurantium</i>	Naranja	2,46	12
<i>Azadirachta indica</i>	Neem	4,30	21
<i>Achras sapota</i>	Níspero	4,10	20
<i>Licania tomentosa</i>	Oití	1,23	6
<i>Bougainvillea</i>	Trinitaria	1,23	6
TOTAL			488

Contratista dos. De la compensación realizada por el Contratista 2 entre los años 2014 y 2015, se encontraron 428 individuos entre frutales, maderables y ornamentales (Tabla 2), estas fueron sembradas en la Institución Educativa San José del Barrio El Edén y otra parte en un predio privado ubicado en zona rural del municipio de Sincelejo en las coordenadas 9° 17' 37,97 N 75° 22' 33,35" O y 9° 16' 36,35" N 75° 25' 14,46" O respectivamente. Los árboles de *Psidium guajava* (Guayaba dulce) y *Annona muricata* (Guanábana) ocupan el 16,35%, de esa compensación, con 70 individuos cada uno, seguidos *Psidium araca* (Guayaba agria) con 68 individuos que corresponden al 15,89 %. Estas especies frutales fueron sembradas en el mencionado predio privado.

Tabla 2. Especies existentes de la compensación forestal realizada por el Contratista dos.

Nombre Científico	Nombre común	Porcentaje %	No. De árboles
<i>Annona squamosa</i>	Anón	8,41	36
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	0,23	1
<i>Ixora coccinea</i>	Coralito	6,77	29
<i>Duranta</i>	Duranta	14,25	61
<i>Lonchocarpus domingensis</i>	Guama	2,34	10
<i>Annona muricata</i>	Guanábana	16,35	70
<i>Psidium araca</i>	Guayaba Agria	15,89	68
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba Dulce	16,35	70
<i>Melicoccus bijugatus</i>	Mamón	2,80	12
<i>Azadirachta indica</i>	Neem	3,04	13
<i>Melicoccus bijugatus</i>	Marañón	2,34	10
<i>Achras sapota</i>	Níspero	0,70	3
<i>Licania tomentosa</i>	Oití	2,10	9
<i>Bougainvillea</i>	Trinitaria	8,41	36
TOTAL			428

Contratista tres. Los árboles de la compensación del Contratista 3 (Tabla 3.) fueron sembrados en el año 2015 en el espacio público de la avenida Las Peñitas, ubicada en las coordenadas 9° 18' 51,91 N 75° 23' 42,83" O, donde se llevaron a cabo las obras del SETP. En este sitio se encontraron 99 individuos de *Cordia sebestena l* (San Joaquín), siendo este un árbol pequeño de tipo ornamental resistente a fuertes sequías. Aunque no fueron contabilizados, el contratista 3 expresó que fueron sembradas más de 500 individuos de la especie ornamental de *Euphorbia milii* (Tu y yo), las cuales hicieron parte del diseño urbanístico del corredor vial intervenido.

Contratista cuatro. Esta compensación se realizó en el año 2015 en el barrio La Palma, exactamente sobre la glorieta ubicada en las coordenadas 9° 18' 25,92 N 75° 23' 30,78" O que fue intervenida para realizar una modificación arquitectónica. Esta entidad estaba obligada a compensar solo 5 árboles, sin embargo se encontraron 126 especies ornamentales sobrevivientes (Tabla 4.) que hacen parte del diseño urbanístico del proyecto. El *Conocarpus erectus*

(Mangle Zaragoza Plateado), ocupa el 77% del total de la compensación.

Tabla 3. Especies existentes de la compensación forestal realizada por el Contratista 3.

Nombre Científico	Nombre común	Porcentaje %	No. de árboles
<i>Cordia sebestena l</i>	San Joaquín	100	99

Tabla 4. Especies existentes de la compensación forestal realizada por el Contratista cuatro.

Nombre Científico	Nombre común	Porcentaje %	No. De árboles
<i>Ixora coccinea</i>	Coralito	22,22	28
<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle Zaragoza Plateado	77,78	98
TOTAL			126

Realizando una agrupación de los datos se identificaron al momento del estudio 1.141 árboles sobrevivientes los cuales habían sido sembrados en el marco de las compensaciones forestales realizadas en la implementación del SETP de la ciudad de Sincelejo. En total durante el periodo tenido en cuenta por el estudio se debieron cortar 263 árboles según las 10 resoluciones emitidas por la Corporación Autónoma Regional de Sucre "CARSUCRE" (Tabla 5).

Tabla 5. Árboles existentes en la implementación del SETP.

Nombre Científico	Nombre común	Porcentaje %	No. De árboles
<i>Annona squamosa</i>	Anón	4,12	47
<i>Murraya paniculata</i>	Azahar de la India	0,09	1
<i>Chrysophyllum cainito L.</i>	Caimito	0,44	5
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	0,26	3
<i>Ixora coccinea</i>	Coralito	21,12	241
<i>Duranta</i>	Duranta	5,43	62
<i>Lonchocarpus domingensis</i>	Guama	1,23	14
<i>Annona muricata</i>	Guanábana	9,99	114
<i>Psidium araca</i>	Guayaba Agria	7,71	88
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba Dulce	6,75	77
<i>Melicoccus bijugatus</i>	Mamón	1,93	22
<i>Annona muricata</i>	Mandarina	0,09	1
Mangle Zaragoza Plateado	Mangle Zaragoza Plateado	8,59	98
<i>Melicoccus bijugatus</i>	Marañón	0,88	10
<i>Mangifera indica</i>	Mango	11,66	133
<i>Citrus x aurantium</i>	Naranja	1,05	12
<i>Azadirachta indica</i>	Neem	2,98	34
<i>Achras sapota</i>	Níspero	2,02	23
<i>Licania tomentosa</i>	Oití	1,31	15
<i>Bougainvillea</i>	Trinitaria	3,68	42
<i>Cordia sebestena l</i>	San Joaquín	8,67	99
TOTAL			1141

De acuerdo a los resultados obtenidos esta compensación tiene una relación de 4/1, es decir que por cada árbol cortado sobrevivieron 4 que corresponden al 86,7% de la totalidad de árboles sembrados.

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, se realizó la Figura 1 que permite interpretar y analizar los mismos.

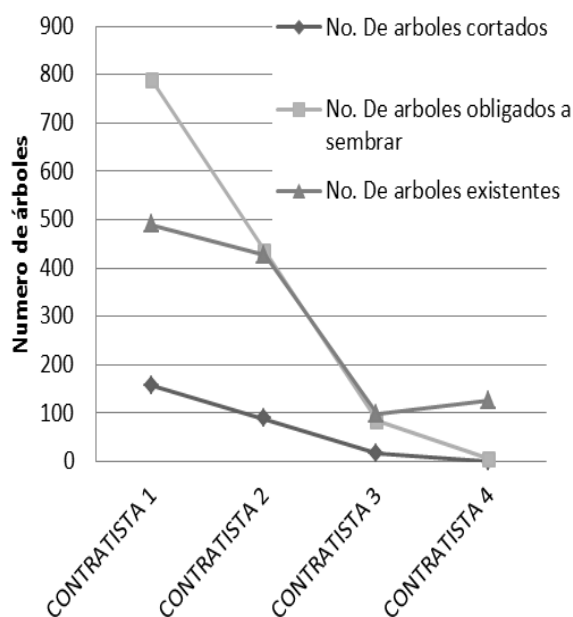


Figura 1. Número de árboles cortados, obligados a sembrar y sobrevivientes para cada contratista.

En la figura 1 se observa que el contratista cuatro obtuvo mejores resultados, ya que la cantidad de árboles sobrevivientes supera los árboles obligados a sembrar, caso contrario del contratista uno. Sin embargo, el contratista uno presenta la mayor cantidad de árboles existentes de todo el proyecto. También es importante resaltar que siempre la cantidad de árboles existentes superó la cantidad de árboles cortados, lo que es positivo a juicio del objetivo del estudio.

La especie predominante en toda la compensación forestal evaluada fue el *Ixora coccínea* (Coralito) con 241 individuos que corresponden al 21,12% del total sobreviviente, esta es una especie arbustiva de tipo ornamental que fue usada en los diseños urbanísticos del corredor vial intervenido; también se encontró en la Institución Educativa San José y en el barrio El Edén, donde fue usada para decorar las zonas verdes de la institución. *Mangifera indica* (Mango) ocupó el 11,6% de árboles sobrevivientes de la compensación con 133 individuos, este es un árbol frutal que se presenta

mucho en la costa Caribe colombiana, fue ubicado en las zonas verdes de las calles intervenidas, en la Universidad de Sucre y en las riveras del Arroyo Pintao.

El volumen aprovechable estimado para la compensación realizada por el proyecto fue de 8,07 m³ (Tabla 6.). Siendo los árboles sembrados por el Contratista 1, los que aportan mayor valor por la cantidad y el tiempo de vida que tienen (tres años). Los de menor valor son los del Contratista tres, debido a la mínima cuantía, respecto a las demás compensaciones y que es la más joven, realizada en octubre de 2015.

Tabla 6. Árboles existentes y volumen aprovechable.

Entidad Contratista	No. Resolución	No. De árboles cortados	No. De árboles obligados a sembrar	No. De árboles existentes	Volumen aprovechable de árboles existentes (m ³)
Contratista uno	0198, 0734 y 0184	158	790	488	6,045
Contratista dos	0665, 0843, 0102 y 0714	87	435	428	1,737
Contratista tres	1029 y 0807	17	85	99	0,035
Contratista cuatro	1047	1	5	126	0,254
TOTAL		263	1315	1141	8,071

Aunque no se haya encontrado información de la relación entre la producción de biomasa y la captura y/o secuestro de dióxido de carbono en las especies de *Mangifera indica* y *Ixora coccínea*, se pueden destacar los estudios realizados en México donde se pudo identificar que para un diámetro normal de tallo de 6,2 cm de *Alnus arguta* la biomasa total es de 18,5 kg, mientras que para la misma especie para un diámetro normal de 45 cm la biomasa es de 1016,26 kg. En árboles de *Clethra mexicana* la mayor parte de la biomasa se ubica en el fuste con un 45,15%, mientras que en las ramas se encuentra el 36,24% y en el follaje 18,6%. Para el *Alnus Arguta* el fuste contiene el 60,65% de carbono, mientras que en las ramas se encuentra el 27,45 y el follaje el 12% (ACOSTA, 2011). Por otra parte, para el *Pinus cooperi blanco* se determinó un contenido de carbono de 3,7 kg para árboles con diámetro de 5 cm y altura de 5 m, mientras que para individuos de diámetro 60 cm y altura de 29 m, obteniéndose un contenido de carbono de 203,2 kg (PIMIENTA *et al.*, 2007).

Por otra parte, para el *Pinus patula S.* se determinó que el 82% del total del carbono se almacena en el fuste, mientras que las ramas y el follaje contienen el 10 y el 8% respectivamente (DIAZ *et al.*, 2007). En cuanto a *Pino encino* se estimó un almacenamiento de carbono de 110,01 Ton C ha⁻¹, para un total de 11.460.124,3

Ton, el 82,91% del carbono total se encuentra en los fustes, ramas y hojas. Para un arreglo agroforestal de *Coffea arabica* se realizó el cálculo de carbono capturado obteniéndose los mejores resultados para el arreglo de sombra compleja diversificada (diversas especies) y guamo en alta densidad con valores de 84,37 y 58,11 t ha⁻¹ de C. (OROZCI *et al.*, 2014). En cuanto arreglos forestales con cacao y especies frutales y maderables, a nivel de Centro América se determinó que las especies maderables y frutales almacenaban el 65% del carbono sobre el suelo y la tasa anual de acumulación de carbono en la biomasa aérea se situó entre 1,3 y 2,6 Mg C ha⁻¹. Por otra parte, los árboles de cacao acumulaban el 18% de carbono en la biomasa aérea, 9 Mg C ha⁻¹ (SOMARIBA *et al.*, 2013).

Esto indica que el crecimiento de las plantas está ligado de forma directa a la producción de biomasa, que a su vez es proporcional al volumen del árbol dependiendo de la densidad, la cual es utilizada para calcular la masa seca y cada especie tiene un índice de densidad específico (MONTERO *et al.*, 2006).

Teniendo en cuenta lo anterior y considerando también que la compensaciones forestales evaluadas corresponden a una vegetación joven, se sugiere que esta pequeña eficiencia de secuestro de carbono representado en la biomasa obtenida en el estudio podría ser sustancial en un futuro próximo, dado que a que estas especies están ubicadas principalmente en el espacio público de la zona urbana asignado para la conservación de las mismas.

El fuste de los árboles es la parte que almacena mayor cantidad de carbono, según lo que se pudo concluir de las referencias anteriormente citadas. En ese sentido, los árboles jóvenes serán más productivos en términos de captura de CO₂ que los más longevos debido a que con la edad se disminuye la tasa de crecimiento de las especies vegetales (GIMÉNEZ *et al.*, 2013).

Con la intención de garantizar el éxito, en cuanto a captura de dióxido de carbono, de las compensaciones forestales a realizarse en la ciudad de Sincelejo, se recomienda que se haga mediante, especies de tamaño medio, de fácil adaptación a las condiciones climáticas y edafológicas; como *Mangifera indica* (Mango), *Annona muricata* (Guanábana), *Cordia sebestena* l (San Joaquín) y *Azadirachta indica* (Nemem); teniendo en cuenta que la infraestructura aleadaña no se vea potencialmente afectada por el crecimiento de los árboles plantados. Asimismo, se sugiere que al diseñar los espacios en la infraestructura se dejen áreas en la misma para la implementación de las compensaciones forestales a las que haya lugar.

Los resultados presentados aquí fueron tomados en el primer semestre del año de 2016 y no son definitivos, pues en el tiempo transcurrido hasta la fecha de la publicación del presente artículo debieron darse cambios en la biomasa producida por las especies de las compensaciones. Por tal razón en los próximos años se sugiere realizar evaluaciones semejantes en la ciudad de Sincelejo teniendo en cuenta futuras compensaciones forestales.

REFERENCIAS

- ACOSTA, M. 2011. Estimación de biomasa y carbono en dos especies de bosque mesófilo de la montaña. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2 (4): 529-543.
- ALCALDIA DE SINCELEJO 2010. Decreto 393 de 2010. 13
- ALCALDIA DE SINCELEJO 2012. Plan de desarrollo municipal 2012-2015. 397.
- AZCON, J.; TALON, M. 2013. *Fundamentos de fisiología vegetal* (2a. ed.). Madrid España. McGraw-Hill.
- CHEN, W. Y. 2015. The role of urban green infrastructure in offsetting carbon emissions in 35 major Chinese cities: A nationwide estimate. *Cities* 44; 111-120.
- CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONOMICA Y SOCIAL 2010. CONPES 3637. Bogotá, Colombia.
- CARSUCRE. 2012. Resolución No. 0198. Sincelejo, Colombia.
- CARSUCRE. 2012. Resolución No. 0735. Sincelejo, Colombia
- CARSUCRE. 2013. Resolución No. 0665. Sincelejo, Colombia.

- CARSUCRE. 2013. Resolución No. 0734. Sincelejo, Colombia.
- CARSUCRE. 2013. Resolución No. 0843. Sincelejo, Colombia.
- CARSUCRE. 2014. Resolución No. 0102. Sincelejo, Colombia.
- CARSUCRE. 2014. Resolución No. 1029. Sincelejo, Colombia.
- CARSUCRE. 2014. Resolución No. 1047. Sincelejo, Colombia.
- CARSUCRE. 2015. Resolución No. 0714. Sincelejo, Colombia.
- CARSUCRE. 2015. Resolución No. 0807. Sincelejo, Colombia.
- DAYAMBA, D.; DJOUDIB, H.; ZIDAC, M.; SAWADOGOD, L.; VERCHOTB, L. (2016). Biodiversity and carbon stock in different land use types in Sudanian Zone of Burkina Faso, West Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 216: 61-72.
- DIAZ, F.; ACOSTA, M.; CARRILLO, M. 2007. Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. Et Cham. *Revista Madera y Bosques* 13 (1): 25-31.
- GIMÉMEZ, A. M.; HERNÁNDEZ, P.; RIOS, N.; CALATAYU, F.; 2013. Crecimiento de árboles individuales de *Geoffrea decorticans* Burk, en el bosque del Chaco Semiárido, Argentina. *Madera y bosques* 19 (1): 31-51.
- IPPOLITI, D.; GOMEZ, C.; DEL MAR, A.; PISTOCCHI, R. 2016. Modeling of photosynthesis and respiration rate for *Isochrysis galbana* (T-Iso) and its influence on the production of this strain. *Bioresource Technology* (SSN 1873-2976): 71-79.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 1996. Decreto 1791 de 1996. Bogotá, Colombia.
- MONTERO, G.; RUIZ, R.; MUÑOZ, M. 2006. *Producción de biomasa y fijación de CO2 por los bosques españoles*. Madrid, España. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.; Ministerio de Educación y Ciencia.
- NARIÑO, J. 2007. Reflexiones sobre el papel de la Ingeniería Civil en la evolución del medio ambiente en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 26: 65-67.
- OROZCI, G.; ESPINOZA, C.; SALAZAR, J.; PANTOJA, C. 2014. Almacenamiento de carbono en arreglos agroforestales asociados con café (*Coffea arabica*) en el sur de Colombia. *Revista De Investigación Agraria y Ambiental* 5 (1): 213-221.
- PARRA, A.; RESTREPO, J. D. 2014. El colapso ambiental en el río Patía, Colombia: variaciones morfológicas y alteraciones en los ecosistemas de manglar / The environmental collapse in the Patía River, Colombia: morphological variations and impacts on mangrove ecosystems. *Latin American Journal of Aquatic Research* 42(1): 40-60.
- PIMIENTA, J.; DOMINGUEZ, G.; AGUIRRE, O. 2007. Estimación de biomasa y contenido de carbono de *Pinus cooperi* Blanco, en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Madera y bosques* 13(1): 35-46.
- PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. 1974. Decreto 2811 de 1974. Bogotá, Colombia.
- SEPPÄNEN, P. 2002. Secuestro de carbono a través de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo. *Foresta Veracruzana* 4 (2); 51-58
- SOMARRIBA, E.; CERDA, R.; OROZCO, L.; CIFUENTES, M.; DÁVILA, H.; ESPIN, T.; MAVISOY, H.; ÁVILA, G.; ALVARADO, E.; POVEDA, V.; ASTORGA, C.; SAY, E.; DEHEUVELS, O.; 2013. Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 173: 46–57
- VALDIVIA, S. 2009. *Instrumentos de gestión ambiental para el sector construcción*. Lima, Perú. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.