

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

Bayron David Díaz Cepeda,¹ Luisa Fernanda Velásquez Camacho^{2*}

¹Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería Forestal. Corporación Ambiental Empresarial -CAEM-, Programa Hojas Verdes. Av. Cra. 68 N° 35-15 Sur, Bogotá D. C., Colombia.

²Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería Forestal. Corporación Ambiental Empresarial -CAEM-, Programa Hojas Verdes. Av. Cra. 68 N° 35-15 Sur, Bogotá D. C., Colombia.

*Autor para correspondencia: luisfernandavelasquezcamacho@gmail.com

RESUMEN

Se presentan los resultados de la determinación de carbono orgánico realizado para seis especies forestales (aliso, cedro, mano de oso, guayacán de Manizales, roble, encenillo) en hojas, ramas, fuste y raíces. Las plantas evaluadas se encuentran en el Parque Ecológico La Poma (PEP. N, 991854.50 – E, 977425.32), ubicado en el municipio de Soacha-Cundinamarca. Se realizaron análisis químicos en muestras de 100 g de materia seca para calcular el carbono contenido, utilizando la metodología de Walkley y Black, encontrando diferencias significativas por especie e individuo, siendo el guayacán de Manizales la que presentó respecto a su biomasa la mayor relación de carbono, con hasta un 40 % en relación a la muestra. Por otro lado, las especies de más lento crecimiento como el roble invierten la mayor parte del carbono absorbido en el fuste, más del 50 % destinado a la formación de tejidos lignificados. Y en especies de rápido crecimiento hasta un 30 % en el sistema radicular buscando suplir la demanda de agua y nutrientes.

Palabras clave: biomasa, captura de carbono, Parque Ecológico La Poma (PEP), restauración.

Editor: Hernández Fernández, J.

Citation: Díaz, B. & Velásquez, L. (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. *Revista Mutis 5(2)*; págs. 46-54.

Received: December 31, 2015. **Accepted:** September 5, 2015. **Published on line:** December 31, 2015.

Copyright: ©2015 Díaz, B. & Velasquez, L. This is an open-access article, which permits unrestricted use, distributions and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Competing Interests: The authors have no conflict of interest.

Analysis of carbon sequestration in six forest species native (3 shade tolerant -3 heliophilous) planted for the purpose of restoring the ecological park in “La Poma” (PEP) - Savannah of Bogota - Colombia

ABSTRACT

There appear the results of the organic carbon determination to the different air components (leaves, branches, and shaft) and tubes (roots) evaluated forma six forestal species (Aliso, Cedro, Mano de Oso, Guayacán de Manizales, Roble, Encenillo) found in the Ecological



Park “La Poma” ubicada en Soacha – Cundinamarca (PEP, N, 991854.50 – E, 977425.32). It was made a chemical analyses in samples of 100 g of dry matter for estimate the carbon contained, using the Walkley & Black’s methodology, finding significant differences species and individuals, being Guayacán de Manizales the one that presents with regard to its biomass the biggest carbon relation with up to 40 % as regards the sample. On the other hand, the species of slower growth as Roble, they invest most of the carbon absorbed in the shaft, more than 50 % destined to production lignified tissues. And a rapid growth species up to 30 % in the radicular system, looking about how to fulfill the water and nutrients demand.

Keywords: biomass, carbon capture, Ecological Park “La Poma” (PEP), restoration.

INTRODUCCIÓN

Se estima que la superficie forestal a nivel mundial tuvo pérdida neta de cerca de 5,3 millones de ha/año en el período 1990-2010 (D’Annunzio *et al.*, 2010), encontrando los niveles más altos de deforestación en los países suramericanos (MINAM, 2014). Colombia posee 114 millones de hectáreas de extensión continental de las cuales alrededor de 61 millones están cubiertas por bosques naturales y 350 mil son plantaciones forestales, ocupando respecto a cobertura forestal tropical el séptimo lugar, lo que representa el 6.42 % de la oferta total para América del Sur y el 1.5 % de los bosques del mundo (Ucros, 2008).

Los procesos de deforestación generan emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por la descomposición de los organismos vivos. Para el período comprendido entre 1970 y 2010 las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GHG por sus siglas en inglés), según el FOLU (Forestry and Other Land Use), estuvieron entre el 11 % y el 17 % (IPCC, 2014). A partir de esta problemática los gobiernos alrededor del mundo lanzaron iniciativas internacionales y locales con el ánimo de mitigar y reparar este fenómeno.

Las especies arbóreas, como principales indicadores de cambios, han sido las relatoras de la historia a lo largo de la humanidad. El aumento de tamaño relacionado con el período de tiempo que toman dichos cambios, son indicadores claros de variaciones ambientales que generan algún tipo de estrés o condiciones óptimas para el crecimiento (Niklas, 1995).

Sposito *et al.* (2001) Afirman que de acuerdo a las características ecológicas y funcionales que rodean a cada una de las especies, se origina que la constante alométrica tienda a variar casi individualmente, como ejemplo se tiene incremento del diámetro en especies que se encuentran cercanas a fuentes hídricas o aumento en altura cuando es mayor la densidad de siembra y existe competencia por luz (Palacios, 2005).

La estimación de la biomasa, resulta ser una herramienta eficaz para confirmar la importancia de los bosques en las emisiones evitadas, con montos de carbono potenciales que podrían ser liberados a la atmósfera (Gower, 2003). El carbono entra al ciclo biológico a través de la fotosíntesis en organismos fotoautótrofos, formando así la mayor parte de la materia orgánica de la superficie terrestre (Cubero, 1999).

El estudio analiza los datos del informe “Crecimiento, biomasa acumulada y carbono capturado por 25 especies de árboles y arbustos nativos de la cordillera oriental colombiana” (2014), donde se seleccionaron 6 especies, 3 esciófilas (*Lafoensia acuminata* Ruiz & Pav., *Quercus humboldtii* Bonpland 1809 y *Weinmannia tomentosa* L. f. 1782) y 3 heliófilas (*Alnus acuminata* Kunth 1817, *Cedrela montana* Moritz ex Turcz 1858, y *Oreopanax floribundum* Decne & Planch 1854). Estas plantas fueron seleccionadas específicamente por el inventario del parque, teniendo una alta importancia para la diversidad del ecosistema alto andino, mediante el método de medición directa de masa seca, la cantidad de carbono fijado en sus partes y la capacidad de absorción durante los primeros 10 años de vida.

De acuerdo a los anteriores principios y conceptos, se ha logrado la utilización de las especies forestales como mitigadoras del cambio climático global, a partir de la captura del CO₂ atmosférico que ellas realizan, con el propósito de disminuir las concentraciones de este gas de efecto invernadero (GHI); por ende este trabajo va enfocado a vislumbrar el potencial de las especies forestales nativas como almacenadoras de carbono en un clima cambiante.

Los resultados de la investigación hacen parte de las acciones desarrolladas por la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM), siendo esta la primera publicación parcial de lo que se espera sea una gran base de conocimientos acerca del bosque seco montano, y su capacidad en la captación de CO₂ y alternativa de mitigación del cambio climático en la sabana de Bogotá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el Parque Ecológico la Poma (PEP), localizado en el departamento de Cundinamarca, 1,5 km adelante del peaje de Chusacá (vía Bogotá-Silvania), propiedad de la Empresa de Energía de Bogotá, haciendo parte de la vereda Alto de la Cruz, perteneciente al municipio de Soacha y con gran influencia del municipio de Sibaté (figura 1). Este complejo ecológico de 140 hectáreas conforma un fragmento de la cuenca de la quebrada El Rodeo que pertenece a la cuenca del río Bogotá, y según la clasificación de Holdridge, se encuentra en la formación vegetal de bosque seco montano bajo (BS-MB) (Rojas, 1999).

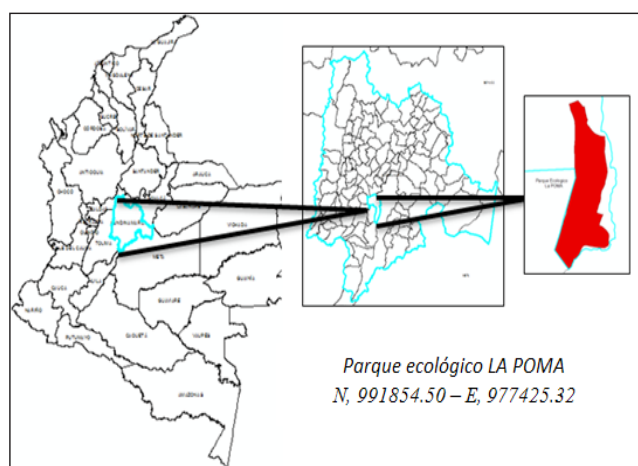


Figura 1. Ubicación geográfica del Parque Ecológico la Poma (PEP N, 991854.50 – E, 977425.32) sitio en donde se evaluaron las especies.

El PEP se localiza en la Cordillera Central, con formaciones sedimentarias pertenecientes al gran complejo de Guadalupe, caracterizado por la presencia de grandes cuevas monoclinales, colinas erosionales y coluvios. Los suelos del PEP tienen gran influencia volcánica, generando una serie de características detalladas sobre las arcillas, con cualidades de profundidad y fertilidad moderadas (IGAC, 2000).

El área de estudio se encuentra ubicada entre los 2600 y 2800 metros de altitud, una temperatura media que oscila entre los 12,5 y 13 °C, un régimen de precipitación bimodal que alcanza 570 mm de lluvia al año y una evapotranspiración potencial de 949 mm anuales, configurando un clima seco, con un déficit hídrico que alcanza los 490 mm (Rodríguez, 2010).

Toma de datos

La información procede del informe de CAEM (Rodríguez, 2014), de donde se seleccionaron tres (3) especies heliófilas y tres (3) esciófilas –anteriormente mencionadas– y considerando cinco categorías (edades de 2, 4, 6, 8 y 10 años), tomando como base el inventario anual del parque, escogiendo aquellas especies que presentan una mayor frecuencia en los diferentes cuadrantes en los que se divide el parque; además de seleccionar especies altamente representativas para el tipo de ecosistema y de gran uso comercial en la sabana de Bogotá. Finalmente se realizó el análisis de 30 individuos de cada una de las categorías de edad. En cada una de las especies se evaluaron en pie todas las variables dasométricas: diámetro normal (DN) en cm, altura total (HT) en m, altura a la base de la copa (HBC) en m, diámetros de copa (DC) en m y diámetro en la base del fuste (DBF) en cm (Rodríguez *et al.*, 2014). También se realizó evaluación precosecha y poscosecha de individuos, y finalmente una evaluación en laboratorio de carbono orgánico contenido en cada uno de los componentes de la planta.

Modelos alométricos

Inicialmente se realizaron modelos alométricos de crecimiento en altura y diámetro para todas las especies utilizadas en el proceso de restauración ecológica, correlacionadas directamente con la edad de cada uno de los individuos. Al conocerse estos valores se realizó un análisis diferencial del carbono contenido en cada una de las partes de la planta (hojas, ramas, raíces y fuste), que permite encontrar fisiológicamente el porcentaje de carbono utilizado en constitución de tallos lignificados y sistema radicular, lo cual está relacionado con el tipo de planta.

En la determinación del carbono orgánico para los diferentes componentes aéreos y subterráneos evaluados, se realizaron análisis químicos en muestras de 100 gr de materia seca, utilizando la metodología de Walkley y Black (1934) (se basa en la valoración con dicromato (VI) en medio ácido), en el laboratorio LASEREX de la Facultad de Química de la Universidad del Tolima (Rodríguez *et al.*, 2014), esta metodología utilizada desde 1938, sigue teniendo acogida dada la simplicidad de las pruebas, recurriendo a la prueba normalizada de carbono orgánico medible mediante la oxidación.

Análisis estadístico

La especie que presenta mayor representatividad en cuanto a cantidad de carbono almacenado es el roble, con 92.5 equivalente CO₂, con intervalos de confianza de -1.711892 a 186.799892. Para el aliso una media de 12.1, con intervalos de confianza a un 95% de confianza de -7.682371 a 32.054371. Para el ce-

dro una media de 66.3 y unos intervalos de confianza -44.92465 a 177.53665. Para el encenillo una media de 16.23 y unos intervalos de confianza de -6.666385 a 39.126385, para guayacán de Manizales una media de 25.3 y unos intervalos de confianza de -1.871197 a 52.479197, en cuanto al mano de oso se encontró una media de 28.32 y unos intervalos de confianza de -10.05724 a 66.70524.

Tabla 1. Intervalos de confianza en análisis estadístico determinado para la cantidad de carbono almacenado para seis especies forestales evaluadas en el PEP-Soacha.

	Aliso	Cedro	Encenillo	Guayacán	Mano de oso	Roble
Media	12.186	66.306	16.23	25.304	28.324	92.544
Desviación Estándar	16.00141	89.58192	18.44008	21.88611	30.91113	75.91095

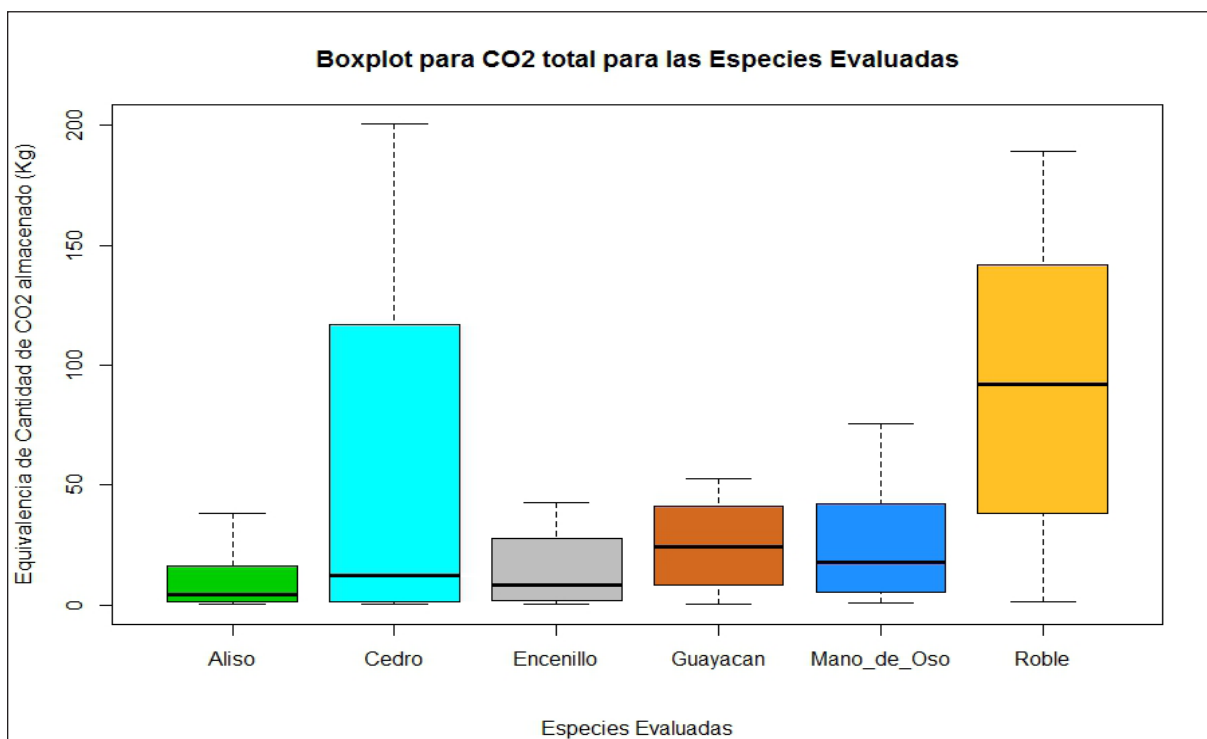


Figura 2. Boxplot para el dióxido de carbono evaluado para las seis especies forestales en el PEP-Soacha.

Se establecen dos hipótesis iniciales por medio del Boxplot (ver figura 2), una de ellas es que el roble con respecto a la variable equivalencia de cantidad de CO₂ (kg), presenta diferencias significativas con respecto a las demás especies (aliso, cedro, encenillo, guayacán y mano de oso) con respecto a su mediana, la otra hipótesis, es que no existen diferencias significativas

entre las especies con respecto a la variable equivalencia de cantidad de CO₂ (kg), el cedro es el que presenta mayor desviación, seguido del roble, el resto de especies presentan desviaciones por debajo de 30. No se presentan datos atípicos para ninguna especie, y la mediana más alta la tiene la especie roble, con una media de 92 CO₂ (kg).

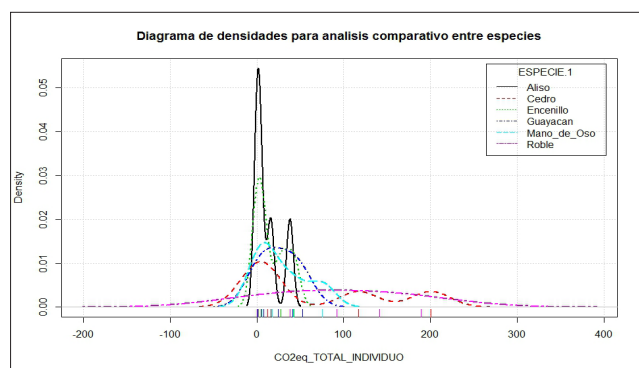


Figura 3. Diagrama de densidades para el análisis comparativo entre las seis especies forestales evaluadas en el PEP-Soacha.

Para este análisis de densidades por el método de la función núcleo Gaussiano (ver figura 3) se estimaron las densidades dentro de un análisis multidimensional. Se encontraron los comportamientos de cada una de las especies con respecto a la variable de equivalencia de CO₂ (kg). Aliso es la planta que presenta mayor captura de carbono en un corto período de tiempo, mientras que en sus años subsiguientes presenta valores más bajos, mientras que las demás especies (exceptuando al roble y al guayacán de Manizales los cuales presentan una captura de carbono homogénea y con una distribución normal), muestran una distribución en intervalos con distribución multinomial, la cual se aduce a que capturan carbono de manera diferente en sus ciclos de vida (10 años máximo).

Tabla 2. Análisis de supuestos de normalidad Shapiro Wilk para seis especies evaluadas en el PEP-Soacha.

Especie	Discrepancia	Estadístico	Hipótesis aceptada
Aliso	0.8193	0.1152	Nula
Cedro	0.8086	0.09508	Nula
Encenillo	0.8719	0.2743	Nula
Guayacán	0.9545	0.7691	Nula
Mano de oso	0.8977	0.3972	Nula
Roble	0.9749	0.9057	Nula

Para el análisis de los supuestos de normalidad (ver tabla 2), se realizó una prueba Shapiro Wilk, teniendo una H₀: los datos presentan una distribución normal y H_a: los datos no presentan una distribución normal, obteniendo estadísticos mayores a 0.05 y una discrepancia máxima de 0.9 entre todas las especies y un nivel de significancia del 0.05; de esta forma no existe evidencia suficiente para rechazar la H₀. Se considera que los datos cumplen una distribución normal para todo el grupo de especies que relacionan la cantidad de carbono almacenado (kg).

Respecto a la relación de carbono contenido, la especie que presentó mayor relación es *L. acuminata*, que almacena en relación con la biomasa hasta un 40 % de carbono en una muestra de 100 g, seguido por el *W. tomentosa* que reportó su mayor participación de carbono contenido en el sistema foliar (figura 4).

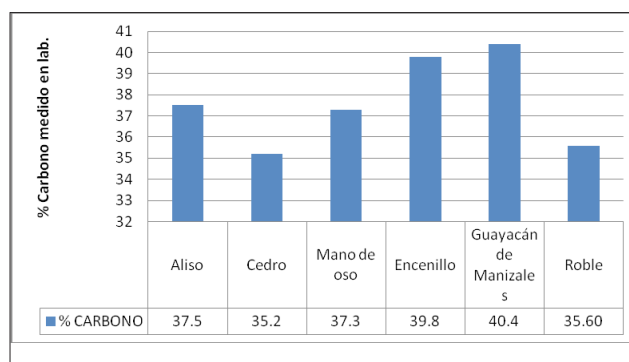


Figura 4. Porcentaje de carbono obtenido del análisis realizado en el laboratorio LASEREX para seis especies forestales procedentes del PEP-Soacha.

Tabla 3. Relación peso-carbono contenido reportado en pruebas de laboratorio para seis especies forestales procedentes del PEP-Soacha.

Especie	Nombre científico	DM (g/cm ³)	% de carbono
Aliso	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	0,53	37,5
Cedro	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz	0,3	35,2
Guayacán de Manizales	<i>Lafoensia acuminata</i>	0,57	40,4
Roble	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpland	0,57	35,60
Encenillo	<i>Weinmannia tomentosa</i> L. f.	0,55	39,8
Mano de oso	<i>Oreopanax floribundum</i> Decne & Planch	0,34	37,3

Como se observa en la tabla 3, el roble presentó la mayor densidad básica reportada en laboratorio con 0,57 g/cm³. Morfológicamente, la especie genera en los primeros años de vida una gran cantidad de hojarasca para suplir su necesidad de luz en su etapa ini-

cial, dado que naturalmente se desarrolla en el sotobosque (Chazdon *et al.*, 2002), pero la mayor cantidad de CO₂ está concentrado en el fuste, donde la cantidad de fibras aumenta y el material lignificado es alto desde edades tempranas (ver figura 5).

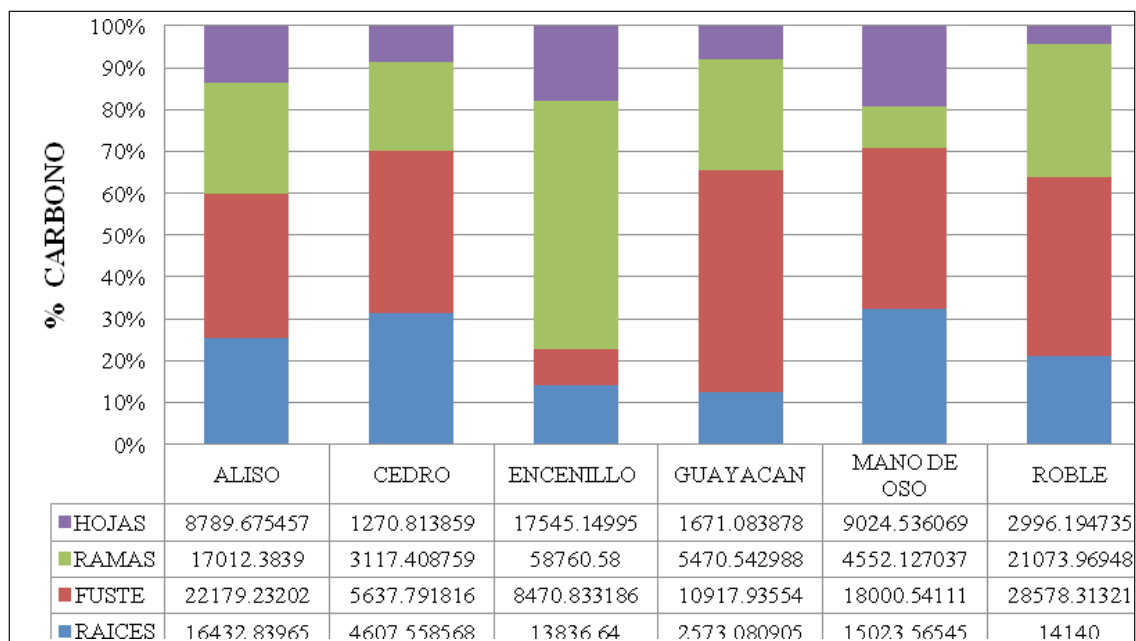


Figura 5. Distribución diferencial de carbono según componentes (aéreos y subterráneos) reportado para seis especies forestales procedentes del PEP-Soacha.

Las especies pioneras ocupan grandes espacios de manera muy rápida, invirtiendo su energía en la formación de sistema radicular que garantice la captación de agua y nutrientes en ambientes difíciles, además de una gran cantidad de formación de dosel forestal lo que da paso a la aparición de especies esciofitas. Las plantas heliófilas presentan maderas livianas,

ya que el carbono absorbido se concentra en la formación de otros componentes (Mack *et al.*, 2000). En contraste se puede observar cómo especies como el aliso, el cedro y el mano de oso, presentan tasas de inversión menores en lo referente a tejidos aéreos lignificados en las primeros años.

Se refleja la distribución diferencial de carbono contenido según los componentes de la planta en cada una de las especies (ver figura 5). Teniéndose dos condiciones en los grupos de plantas, las especies de más lento crecimiento como el roble y el guayacán invierten la mayor parte del carbono absorbido en el fuste, siendo superior al 50 % en formación de tejidos lignificados. En especies como el encenillo, se invierte la mayor cantidad de carbono en la formación de ramas, sobre todo en etapas tempranas y se tienen las especies de rápido crecimiento que invierten hasta el 30 % del carbono absorbido en el sistema radicular.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La condición del PEP, al ser un área de reforestación con fines de restauración, hace que la exposición a la radiación solar sea alta en todas las especies; por este motivo, el roble o el encenillo evolutivamente incrementan la producción de sistema foliar para suplir la necesidad de luz, y han invertido su energía en la producción de elementos lignificados (Chazdon *et al.*, 2002).

Gran determinante en la cantidad de biomasa registrada para especies como el cedro y el mano de oso se remite a las condiciones climáticas del bosque seco montano bajo, y al déficit hídrico que determina que las plantas inviertan mayor cantidad de energía en su sistema radicular garantizando así la adecuada captación de agua (Hayashida *et al.*, 2003).

En contraste con lo anterior, el CO₂ total contenido en cada una de las especies varía fuertemente en comparación con el carbono medido en laboratorio. Las especies que menor reporte dieron con las pruebas de peso seco (metodología Walkley y Black) son las que mayores concentraciones de CO₂ reportaron.

El roble y el cedro incrementan considerablemente la captación de CO₂ a lo largo de sus primeros 10 años. El cedro presenta comportamiento abrupto en el año seis (6) incrementando su capacidad de absorción y captación de CO₂, en relación directa con el aumento en el diámetro de su copa y el desarrollo de la bóveda forestal hasta en un 146 % respecto a lo reportado para los cuatro y dos años, esto conlleva al aumento en la capacidad fotosintética de la planta que se evidencia en mayor captación de CO₂ (Melo *et al.*, 2014) (tabla 4).

Tabla 4. Reporte del incremento de CO₂ equivalente capturado en cinco rangos de clase para seis especies forestales procedentes del PEP-Soacha.

Edad	Aliso	Cedro	Mano de oso	Roble	Encenillo	Guayacán de Manizales
2	0,30595248	0,11	0,813861314	1,33	0,38	0,25456864
4	1,30673087	1,58	5,435458421	38,16	1,86	8,27336989
6	4,57874179	12,23	17,65446622	92,27	8,26	24,3037392
8	16,2709823	117,02	42,08958765	141,68	27,92	40,9856877
10	38,4595899	200,59	75,63437039	189,28	42,73	52,7057268

El roble tiene un comportamiento mucho más estable desde el inicio de su vida, lo que revela la importancia de su utilización en temas de compensación por emisión y tala, dado que contribuye fuertemente a la captura del CO₂ atmosférico con 189 kg de este compuesto en los primeros 10 años de vida, sin que llegue a tener aumento considerable en su diámetro o altura (figura 6).

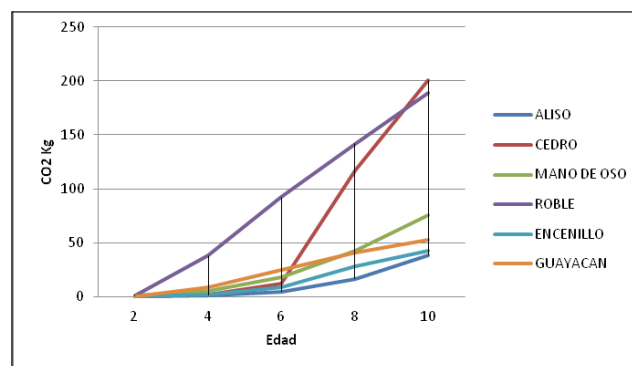


Figura 6. Dióxido de carbono equivalente total contenido, reportado para seis especies forestales procedentes del PEP-Soacha.

CONCLUSIONES

La distribución diferencial del carbono contenido por componente en cada una de las especies evaluadas, permite ampliar la selectividad de estas en proyectos de reforestación y determinar su manejo.

La metodología de estimación de carbono contenido de manera diferencial muestra cómo el *Q. humboldtii* concentra mayor cantidad de este elemento de manera homogénea invirtiendo casi el 40 % de su biomasa en la constitución de elementos lignificados como tallos y ramas. Se encontró que el *A. acuminata* es quien más presenta captura de carbono en un corto período de tiempo, mientras que en sus años subsiguientes presenta valores más bajos.

Los resultados de la investigación contribuyen a entender el comportamiento de las especies a la especialización dentro de su gremio ecológico, encontrándose que aquellos individuos pertenecientes a grupos de especies de rápido crecimiento invierten el mayor número de biomasa en su sistema radicular, intentando garantizar la disponibilidad de agua y nutrientes, mientras que especies de crecimiento tardío invierten su energía en la producción de componentes lignificados que a su vez sirven de bóveda de CO₂.

Aunque los niveles de captura son bajos en este tipo de ecosistemas, se puede evidenciar la importancia de las especies estudiadas dentro de la consolidación de bosques importantes y escasos en la sabana de Bogotá, donde se espera que los proyectos de reforestación con fines de restauración aumenten, evitando no solo el proceso de pérdida de suelo sino la regulación del ciclo de carbono contribuyendo directamente con la desaceleración del cambio climático, participando de esta manera en su mitigación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo de la Corporación Ambiental Empresarial con el programa de Hojas Verdes que lleva más 30 años contribuyendo a la reforestación de áreas degradadas en la sabana de Bogotá, por lo que sin este tipo de esfuerzos la academia no contaría con las herramientas necesarias para generar conocimiento. Al ingeniero Ferney Rojas, por su compromiso y colaboración en todo el proceso de formación académica y profesional. A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, por haber permitido

el acceso a las bases de datos, darnos las bases y aportes para dar luz a la investigación y finalmente al ingeniero Lyndon Carvajal por su apoyo y colaboración.

REFERENCIAS

- Chazdon, R. A., Montgomery, R. A. (2002). La adquisición de carbono en las plantas. In: Guariguata, M.R., Catan, G.H. (Eds.) *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Tecnología de Costa Rica.
- Cubero, J. A., Rojas, S. (1999). *Fijación de carbono en plantaciones de melina, teca y prochote en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Costa Rica.
- D'Annunzio, R., Lindquist, E., & MacDicken, K. (2010). Global forest land use change from 1990 to 2010: an update to a global remote sensing survey of forests. Consultado en octubre 10, 2015, desde http://foris.fao.org/static/idf/RSS_2010update.pdf
- FAO. (2014). *El estado de los bosques en el mundo*. Consultado en octubre 11, 2015, desde <http://www.fao.org/3/a-i3710s.pdf>
- Gower, S. T. (2003). Patterns and mechanisms of the forest carbon cycle. *Annual Review Environmental Resources*. 28:169-204. Consultado en octubre 12, 2015, desde http://www.researchgate.net/publication/234150219_Patterns_and_mechanisms_of_the_forest_carbon_cycle
- Greenpeace (SA). Captura y secuestro de carbono (CSC), una inyección arriesgada. Consultado en octubre 10, 2015, desde <http://www.greenpeace.org/raw/content/espana/reports/captura-y-secuestro-de-carbono.pdf>
- Hayashida, O., Boot, R. G. A., Poorter, L. (2001). Influencia de la disponibilidad de agua y luz en el crecimiento y la morfología de plantines de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Bertolletia excelsa*. *Ecología en Bolivia*. 35: 51-60.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2015). *Monitoreo y seguimiento al fenómeno de la deforestación en Colombia*. Consultado en octubre 10, 2015, desde

- <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?l-Servicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=1901>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), (2000). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca*. Bogotá. Colombia.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report*. (The Core Writing Team, R. Pachauri, & L. Meyer, Eds.). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Marck, R. Simberloff, D. Lonsdale, W (2000). Invasiones biológicas: Causas, epidemiología, consecuencias globales y control. *Tópicos en Ecología*. Sociedad Norteamericana de Ecología. Número 5.
- Melo, O., Rodríguez, N., Rojas, F., Ochoa, A. (2014). *Captura de carbono y patrones de arquitectura foliar asociados al crecimiento funcional de 25 especies leñosas nativas de la cordillera oriental, utilizadas en restauración ecológica en la Sabana de Bogotá*. Soacha. Colombia.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). *¿Cuántos bosques hay en el mundo y cuál es su impacto económico?* Consultado en octubre 13, 2015, desde <http://www.minam.gob.pe/programa-bosques/cuantos-bosques-hay-en-el-mundo-y-cual-es-su-impacto-economico/>
- Niklas, K. J. (1994). *Plant allometry: The scaling of form and process*. University of Chicago Press. Chicago. United States.
- Palacios, T. (2005). *Evaluación del crecimiento y el potencial de captura de carbono, de dieciséis especies arbóreas en dos condiciones de luz de invernadero*. Universidad Autónoma "Gabriel Rene Moreno", Facultad de Ciencias Agrícolas. Ingeniería Forestal. Santa Cruz. Bolivia.
- Rodríguez, N. (2010). *Determinación del carbono capturado por cinco especies arbóreas y arbustivas del bosque seco altoandino en el Parque Ecológico La Poma*. (Tesis inédita de pregrado). Ibagué, Universidad del Tolima. 85 p.
- Rodríguez, N., Melo, O., Ochoa, A. & Rojas, F. (2014). *Crecimiento, biomasa acumulada y carbono capturado de 25 especies de árboles y arbustos nativos de la cordillera oriental colombiana*. Corporación Ambiental Empresarial. Fundación Natura.
- Rojas, F. (1999). *Evaluación de técnicas silviculturales y ecológicas en el manejo de la regeneración natural y reconstrucción de bosques andinos de la Cordillera Oriental*. Parque Ecológico La Poma. Bogotá, Colombia.
- Sposito, T. C. & F. A. M. Santos. (2001). Sacling of stem and crown in eight Cecropias (Cecropiaceae) species of Brazil. *American Journal of Botany*.
- Ucrós, J. (2008). *Breve historia y situación actual del patrimonio forestal colombiano*. Consultado en octubre 8, 2015, desde <http://www.fao.org/forestry/17272-09c7bb88cbaad85cf5c312d8422b30afb.pdf>
- Walkley, A. & I. A. Black. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37: 29-38.