



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**VARIACIÓN EN LA CAPTURA DE
CARBONO EN *Ceiba pentandra* Y *Albizia
saman* SEGÚN EL GRADO DE
INTERVENCIÓN, MUNICIPIO SANTIAGO
DE CALI**

Derlyn Johana Solano López

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Administración
Palmira, Colombia

2019

**Variación en la captura de carbono en
Ceiba pentandra y *Albizia saman* según el
grado de intervención, municipio
Santiago de Cali (Colombia).**

Derlyn Johana Solano López

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Ambiental

Director (a):

Guillermo Duque, M.Sc., Ph.D.

Codirector (a):

Jairo Ricardo Mora Delgado M.Sc., Ph.D.

Línea de Investigación:

Monitoreo, modelación y gestión de recursos naturales

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Administración

Palmira, Colombia

2019

Al Señor quien es el motor de mi existencia, mi refugio y amparo.

A mi familia, son la fuerza y el apoyo en cada paso de la vida.

A mi Gramito corazón, que desde el cielo sigue acompañando cada etapa de la vida.

Agradecimientos

Quiero agradecer principalmente al Señor, porque sin él nada fuese posible, pues es el faro que me acompaña, la fuerza y el amor que no descansa.

Agradezco a mi Director de tesis, profesor Guillermo Duque y Co-director Jairo Mora, por la pertinente orientación y la oportunidad de recurrir a sus capacidades y experiencias, fundamentales para la concreción de este trabajo. Sus sugerencias y observaciones, siempre inteligentes y oportunas.

De igual forma, quiero agradecer al DAGMA y a la Universidad del Valle por permitir el acceso a la información respecto a los árboles declarados como notables, que fueron el pilar para la realización de los cálculos y el desarrollo a feliz término del presente trabajo.

En tercer lugar, a la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, docentes y compañeros de maestría por sus aportes, ideas y compañía, por el apoyo y el respaldo necesario que aportó a la finalización de este trabajo.

Resumen

Los bosques contribuyen significativamente en la absorción de CO₂ y es indispensable conocerla con el fin de conocer e incrementar las estrategias de conservación de los bosques, pero se requiere aumentar estudios de coberturas forestales urbanas, que son sumideros de carbono para el entorno que los rodea. El objetivo fue determinar el carbono de las especies notables *Albizia saman* y *Ceiba pentandra* en dos espacios del municipio Santiago de Cali. Se revisaron modelos alométricos con el programa SPSS statistics 25, utilizando VLN, H y DAP con la validación de los supuestos estadísticos del modelo de regresión lineal. Dichos modelos deben reestructurarse midiendo en campo el volumen, pero se deja su procedimiento como guía. El modelo alométrico para *Ceiba pentandra* fue $\text{Ln}(V) = -94.377 + 0.111 \times \text{Ln}(\text{DAP}^2) + \text{Ln}(h) + 34.336 \times \text{Ln}(h^2 \times \text{Ln}(\text{DAP})) - 10.726 \times h - 0.282 \times \text{DAP}$ con un R² de 0.946 y un ECM de 0.052 y para la especie *Albizia saman*, se adoptó la de la familia Leguminosae, $\text{Ln}(V) = 14.194 - 0.016 \times \text{Ln}(\text{DAP}^2) + \text{Ln}(h) - 5.654 \times \text{Ln}(h^2 \times \text{Ln}(\text{DAP})) + 1.943 \times h + 0.032 \times \text{DAP}$ con un R² de 0.624 y un ECM de 0.381.; Para *Albizia saman* $V = -8,448 + 14,430 * \text{DAP}$ con un R² de 0,83 y un ECM de 1,37. El total de carbono fue 85,92T. La proyección de carbono para aquellos en estado juvenil fue de 19,20T (10 años) y 19,64T (36 años) para *Ceiba pentandra* y 11.263,97T (13 años) y 9.536,66T (6 años) para *Albizia samán*.

Palabras clave: *Ceiba Pentandra*, *Albizia Saman*, volumen, ecuación alométrica, carbono.

Abstract

Forests contribute significantly to CO₂ absorption and it is essential to know it in order to know and increase forest conservation strategies, but it is necessary to increase urban forest cover studies, which are carbon sinks for the surrounding environment. The objective was to determine the carbon of the remarkable species *Albizia saman* and *Ceiba pentandra* in two spaces of the Santiago de Cali municipality. Allometric models were reviewed with the SPSS statistics 25 program, using VLN, H and DAP with the validation of the statistical assumptions of the linear regression model. These models must be restructured by measuring the volume in the field, but its procedure is left as a guide. The allometric model for *Ceiba pentandra* was $\text{Ln}(V) = -94.377 + 0.111 \times \text{Ln}(DAP^2) \wedge \text{Ln}(h) + 34.336 \times \text{Ln}(h^2 \times \text{Ln}(DAP)) - 10.726 \times h - 0.282 \times DAP$ with an R² of 0.946 and an ECM of 0.052 and for the *Albizia saman*, that of the Leguminosae family, $\text{Ln}(V) = 14,194 - 0.016 \times \text{Ln}(DAP^2) \wedge \text{Ln}(h) - 5,654 \times \text{Ln}(h^2 \times \text{Ln}(DAP)) + 1,943 \times h + 0.032 \times DAP$ with an R² of 0.624 and an ECM of 0.381. For *Albizia saman* $V = -8,448 + 14,430 * DAP$ with an R² of 0.83 and an ECM of 1.37. The total carbon was 85,92T. The carbon projection for those in youth status was 19.20T (10 years) and 19.64T (36 years) for *Ceiba pentandra* and 11,263.97T (13 years) and 9,536.66T (6 years) for *Albizia saman*.

Keywords: *Ceiba Pentandra*, *Albizia Saman*, volume, allometric equation, carbon

Contenido

Resumen.....	8
Lista de figuras Capitulo 1.....	12
Lista de figuras Capitulo 2.....	12
Lista de figuras Capitulo 3.....	12
Lista de figuras Capitulo 5.....	12
Lista de tablas Capitulo 1.....	13
Lista de tablas Capitulo 2.....	13
Lista de tablas Capitulo 3.....	13
Lista de tablas Capitulo 4.....	13
Introducción	14
1. Capítulo 1. MARCO CONCEPTUAL	19
1.1 Captura de carbono.....	19
1.2 Bosque seco tropical.....	20
1.3 Biomasa.....	21
1.4 Método destructivo y ecuaciones alométricas.....	22
1.5 Panorama general.....	23
1.6 Modelos Alométricos.....	25
1.7 Importancia de los modelos alométricos en la estimación de carbono.....	25
1.8 Pasos para el desarrollo de modelos alométricos.....	26
1.9 Ecuaciones alométricas generadas.....	27
1.10 Cobertura arbórea de Cali.....	32
1.10.1 Universidad del Valle, Sede Meléndez.....	33
1.11 Árboles notables.....	33
1.12 Samán (<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.).....	34
1.13 Ceiba (<i>Ceiba pentandra</i> L.).....	34
1.14 Estado Del Arte.....	35
2. Metodología	38
2.1 Área de estudio.....	38

2.2	Materiales y métodos	40
2.2.1	Análisis de la información secundaria.	40
2.2.2	Fase de campo.	41
2.2.3	Selección modelo alométrico.	41
2.2.4	Estimación de carbono y la diferenciación del contenido de las especies en los dos escenarios.	42
2.3	Referencias bibliográficas.....	43
3. Capítulo 3. DIMENSIONES DASOMÉTRICAS DE ÁRBOLES NOTABLES EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.....		49
3.1	Resumen.....	49
3.2	Abstract	49
3.3	Introducción	50
3.4	Materiales y métodos	51
3.5	Resultados y discusión	52
3.5.1	<i>Ceiba pentandra</i>	57
3.5.2	<i>Albizia saman</i>	59
3.6	Conclusiones	63
3.7	Referencias bibliográficas.....	64
4. Capítulo 4. VARIACIÓN DE CARBONO EN <i>Ceiba pentandra</i> Y <i>Albizia saman</i> EN DOS ESPACIOS DIFERENCIADOS EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI		65
4.1	Resumen.....	65
4.2	Abstract	65
4.3	Introducción	66
4.4	Materiales y métodos	67
4.5	Resultados y discusión	68
4.6	Conclusiones	73
4.7	Referencias bibliográficas.....	74
5. CAPITULO 5. PROYECCIÓN DE CARBONO EN ÁRBOLES JUVENILES DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.....		76
5.1	Resumen.....	76
5.2	Abstract	76
5.3	Introducción	77
5.4	Materiales y métodos	77
5.5	Resultados y discusión	78
5.6	Conclusiones	81
5.7	Referencias bibliográficas.....	82
6. Conclusiones y recomendaciones.....		83
6.1	Conclusiones	83
6.2	Recomendaciones.....	85
A. ANEXO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....		87
B. ANEXO: ANÁLISIS DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS PARA LA VARIABLE VOLUMEN DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.....		89

Lista de figuras Capitulo 1.

Figura 1. Pasos para determinar el modelo alométrico de la especie en estudio..... 265

Lista de figuras Capitulo 2.

Figura 1. Ubicación de las zonas de estudio 3938

Figura 2. Estructura metodológica, fases para la obtención de la diferenciación de la estimación de carbono. 40

Lista de figuras Capitulo 3.

Figura 1. Plano de distribución en porcentaje de los individuos forestales por comuna.....55

Figura 2. Especies seleccionadas en la declaración de árboles notables en la Sede Meléndez, Universidad del valle.....56

Figura 3. Histograma de la variable DAP de las especies Ceiba y Samán..... 60

Lista de figuras Capitulo 5.

Figura 1. Individuos forestales potenciales de reserva de carbono.....97

Lista de tablas Capitulo 1.

Tabla 1. Criterios de selección para los modelos alométricos.	26
Tabla 2. Descripción de los modelos alométricos más empleados para estimación de VBC.	27
Tabla 3. Estudios que reportan modelos con utilidad potencial para estimar la biomasa de los árboles en Colombia	30
Tabla 4. Indicadores relacionados con el número de habitantes y de individuos censados de los biotipos de árboles, arbustos, palmas y gramíneas arborescentes	32
Tabla 5. Diferenciación de las dos zonas de estudio	38

Lista de tablas Capitulo 2.

Tabla 1. Especies seleccionadas en la declaración de árboles notables en la sede Meléndez de la Universidad del Valle.....	48
Tabla 2. Medidas de tendencia central y dispersión de la especie <i>Ceiba pentandra</i>	50
Tabla 3. Clase diamétrica (m diamétricos) de las especies en estudio.....	52

Lista de tablas Capitulo 3.

Tabla 1. Especies seleccionadas en la declaración de árboles notables del Municipio de Santiago de Cali. Dagma & fun&agua 2016.....	51
Tabla 2. Individuos forestales de la especie <i>Ceiba</i> y sus variables dasométricas.....	57
Tabla 3. Medidas de tendencia central y dispersión de <i>Ceiba pentandra</i>	57
Tabla 4. Individuos forestales de la especie <i>Samán</i> y sus variables dasométricas.....	58
Tabla 5. Medidas de tendencia central y dispersión de <i>Albizia saman</i>	59

Lista de tablas Capitulo 4.

Tabla 1. Medidas de centralidad de la especie <i>Ceiba pentandra</i>	68
Tabla 2. Medidas de centralidad de la especie <i>Albizia saman</i>	69
Tabla 3. Individuos forestales de la especie <i>Ceiba pentandra</i>	70
Tabla 4. Individuos forestales de la especie <i>Albizia saman</i>	70

captura de carbono y va incrementándose a medida que este se desarrolla. Cabe denotar, que no se pudo evaluar la clase diamétrica de 1-2, ya que los mayores valores de en DAP de las especies quedaron fuera del rango de funcionalidad de los modelos alométricos aplicados.

4.7 Referencias bibliográficas

- Álvarez, E., Benítez, D., Velásquez, C., Cogollo, Á. (2013). Stem Basic Density of Dry Forests Trees in the Colombian Caribbean Coast. *Revista Intropica*, 8(1794-161X), 17–28. Retrieved from <http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/729>
- Bernoux, M., Valentini, R., Trotta, C., Saint-André, L., Picard, N., Henry, M., & Manlay, R. (2014). Estimating tree biomass of sub-Saharan African forests: a review of available allometric equations. *Silva Fennica*, 45(0037–5330). <https://doi.org/10.14214/sf.38>
- Chamorro, G.; González, J. ., Jurado, H.; Guerrero, D. ., & Possu, W. (2007, January). Estimación de la biomasa aérea y captura de carbono en árboles dispersos en potreros con motilon silvestre (*Freziera canescens*) en el Municipio de Pasto Nariño-Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 24, 46–55. Retrieved from <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/88>
- Chatterjee, M., & Mukherjee, A. (2015). carbon sequestration potential , its correlation with height and girth of selected trees in the golapbag campus , burdwan , west bengal (india). and girth of selected trees in the golapbag campus , burdwan , west bengal (india). *indian j.sci.res.10*, 1(2250–0138), 53–57. retrieved from https://www.researchgate.net/profile/ambarish_mukherjee/publication/303445259_carbon_sequestration_potential_its_correlation_with_height_and_girth_of_selected_trees_in_the_golapbag_campus_burdwan_west_bengal_india/links/57432bb808ae9ace841ad4f6/carbon-seq
- Chaves, M. (2000). Aplicacion de unametodologia para la estimacion de biomasa lenosa arriba del suelo en arboles individuales, en la region atlantica de costa rica. cartago, costa rica. retrieved from <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/a11133e/a11133e.pdf>
- FAO. (2000). Directrices para la evaluacion en los paises tropicales y subtropicales. Roma. Retrieved from <http://www.fao.org/3/ae218s/AE218S00.htm#TopOfPage>
- FAO. (2012). Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles. Cirad. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/018/i3058s/i3058s.pdf>
- Ferreira, A., Santos, S., Araújo, E., Cavalcante, C., Nogueira, J., & Linhares, E. (n.d.). *ESTIMATIVA DE BIOMASSA E CARBONO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EXISTENTES EM*

- UM FRAGMENTO FLORESTAL EM REGENERAÇÃO DA APA 'IGARAPÉ SÃO FRANCISCO', EM RIO BRANCO, ACRE.* Rio Branco, Brasil. Retrieved from <http://www.sbpnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/4011.htm>
- Gayoso, J., & Guerra, J. (2005). Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile* Carbon content in the above-ground biomass of evergreen forest in Chile. *Bosque*, 26, 33–38. Retrieved from https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002005000200005
- Gutiérrez, E.;Moreno, R.; Villota, N. (2005). *Guía práctica para la cubicacion de maderas.* Pereira, Colombia. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Gobernanza_forestal_2/10._Guía_de_Cubicación_de_Madera.pdf
- Jauregui, K. (2016). Ecuaciones alométricas para estimar volumen y biomasa aérea de *Enterolobium cyclocarpum* y *Ceiba pentandra* en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5731/1/IAD-2016-T022.pdf>
- Mardiatmoko, P. (2016). ALLOMETRIC EQUATIONS FOR PREDICTING ABOVE AND BELOW-GROUND BIOMASS OF YOUNG RAIN TREE [*ALBIZIA SAMAN* (JACQ .) MERR .] TO HANDLE CLIMATE CHANGE. *Asian Jr. of Microbiol. Biotech*, 18(0972–3005), 821–830. Retrieved from http://www.envirobiotechjournals.com/article_abstract.php?aid=7365&iid=221&jid=1
- Min, K & Lum, S. (2018). Aboveground biomass estimation of tropical street trees. *Journal of Urban Ecology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jue/jux020>
- Quiceno, N., Tangarife, G. & Álvarez, R. (2016). Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena Piapoco Chigüiro-chátare de Barrancominas, departamento del Guainía (Colombia). *Luaz Luna Azul*, 43(43), 171–202. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.9>
- Sierra, C., Valle, J., Orrego, S., Moreno, F., Harmon, M., Zapata, M. & Benjumea, J. (2007). Total carbon stocks in a tropical forest landscape of the Porce region, Colombia. *Science Direct*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112707002411>
- Thaines, F., Braz, E., Mattos, P., & Thaines, A. (2010). Equações para estimativa de volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 30(64), 283–289. <https://doi.org/10.4336/2010.pfb.30.64.283>