

19

Fecha de presentación: marzo, 2021

Fecha de aceptación: mayo, 2021

Fecha de publicación: agosto, 2021

BIOMASA FORESTAL Y CAPTURA DE CARBONO EN EL BOSQUE SECO DE LA RESERVA ECOLÓGICA ARENILLAS

FOREST BIOMASS AND CARBON SEQUESTRATION IN THE DRY FOREST OF THE ARENILLAS ECOLOGICAL RESERVE

Alex Dumany Luna Florín¹

E-mail: adluna@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4975-405X>

Arturo Widberto Sánchez Asanza¹

E-mail: asanchez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5702-7234>

Jaime Enrique Maza Maza¹

E-mail: jemaza@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-5165>

José Eduardo Castillo Figueroa¹

E-mail: jcastillo6@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7178-2490>

¹ Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Luna Florín, A. D., Sánchez Asanza, A. W., Maza Maza, J. E., Castillo Figueroa, J. E. (2021). Biomasa forestal y captura de carbono en el bosque seco de la Reserva Ecológica Arenillas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 140-146.

RESUMEN

La importancia de los bosques secos tropicales radica en la prestación de bienes y servicios para la sociedad en general; entre ellos, el de conservar la biodiversidad y de convertirse en grandes sumideros de dióxido de carbono. Bajo este contexto, el artículo aporta con la evaluación de la biomasa forestal y captura de carbono de especies forestales características del ecosistema de la Reserva Ecológica Arenillas situada al sur de la costa ecuatoriana. Se diseñó métodos de muestreos no destructivos en las zonas de restauración pasiva según establece el Plan de Manejo de la reserva, se ubicó 10 lugares por importancia ecológica en los que se realizó 3 cuadrantes de 1000 metros cuadrados para establecer los árboles con más de 10 centímetros de diámetro del tronco a la altura del pecho (1,30 m DAP) y obtener el área basal, volumen de los fustes, carbono almacenado y biomasa forestal. Los resultados demuestran que *Ceiba trichistandra* tiene la mayor biomasa leñosa total y máximo potencial de almacenamiento de carbono (219,39 t/ha) que otras especies, seguidas de *cochlospermum vitifolium* y *Eriotheca ruizii* con (34,78 y 30,40 t/ha respectivamente), correspondiendo a las familias Malvaceae, Bixaceae las que potencialmente retienen más carbono. La biomasa total de las 21 especies encontradas es de 752,8 t/ha. El estudio revela que el ecosistema seco tropical además de conservar la biodiversidad constituye también grandes reservas de carbono, información útil para gestionar las áreas protegidas en función del balance de carbono regional y mundial.

Palabras clave:

Biomasa aérea, almacenamiento de carbono, bosques tropicales, carbono orgánico, áreas protegidas.

ABSTRACT

The importance of tropical dry forests lies in the provision of goods and services for society in general; among them, that of conserving biodiversity and becoming major sinks of carbon dioxide. Under this context, the article contributes with the evaluation of the forest biomass and carbon sequestration of forest species characteristic of the ecosystem of the Arenillas Ecological Reserve located south of the Ecuadorian coast. Non-destructive sampling methods were designed in the passive restoration areas as established in the Reserve Management Plan, 10 places were located for ecological importance in which 3 quadrants of 1000 square meters were made to establish trees with more than 10 centimeters diameter of the trunk at chest height (1.30 DAP) and obtain the basal area, volume of the stems, stored carbon and forest biomass. The results show that *Ceiba trichistandra* has the highest total woody biomass and maximum potential for carbon storage (219.39 tn/ha) than other species, followed by *cochlospermum vitifolium* y *Eriotheca ruizii* with (34,78 y 30,40 tn/ha respectively), corresponding to the Malvaceae, and Bixaceae families that potentially retain more carbon. The total biomass of the 21 species found is 752.8 tn / ha. The study reveals that the tropical dry ecosystem in addition to conserving biodiversity also constitutes large carbon reserves, useful information for managing protected areas based on the regional and global carbon balance.

Keywords:

Aerial biomass, carbon storage, tropical forests, organic carbon, protected areas.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas boscosos tropicales del mundo toman importancia para toda una sociedad por los bienes y servicios que prestan, entre ellos los principales, la eliminación del dióxido de carbono CO₂ del aire (Álvarez-Dávila, et al., 2017) growth, la regulación climática, la reducción del calentamiento del planeta y sobre todo la preservación de la biodiversidad (López-Hernández, et al., 2017) in central Mexico. A database was obtained from 45 permanent forestry research sites located in the Central and Pico de Orizaba forestry region, belonging to the Forest Management Unit, Umafor 2105. Dendrometric information was recorded, including total height (m). Además, funcionan como grandes sumideros de carbono elemento acumulado en la biomasa como materia orgánica viva o muerta (Aguilar-Arias, et al., 2012)

La crisis medio ambiental cada día es más evidente por la intervención humana que ha logrado sobreexplotar los recursos naturales, aumentando la contaminación incidiendo mayoritariamente en el cambio climático viéndose afectado la salud tanto de la población como de los ecosistemas, la deforestación afecta con estimaciones de 7000 toneladas de carbono que se liberan a la atmósfera (Díaz, et al., 2016). Por este motivo, se torna imprescindible contribuir a disminuir la gravedad de los perjuicios ambientales.

El calentamiento global es un fenómeno que ha ocurrido rápidamente en los últimos años viéndose afectada por los gases de efecto invernadero que se encuentran en la atmósfera, siendo el bióxido de carbono (CO₂) el más importante a considerar por su constante aumento (Quiceno-Urbina, et al., 2016), por ser generado por las actividades humanas, Este gas en la atmósfera aumentó de 280 ppm en el año 1750 (Díaz, et al., 2016) a 416,21 ppm en el 2020 (Cerillo, 2020), y continúa incrementándose; la deforestación mundial ha liberado cerca de 1.8 GtC³, representando el 20% de las emisiones producidas por las actividades antropogénicas.

Por tanto, se deben aplicar estrategias mediante la conservación de los bosques por la captura y secuestro del carbono atmosférico. Las actividades de conservación, reforestación y diversificación de los sistemas productivos como los de sucesión vegetal (Ramírez, et al., 2017) constituyen una alternativa para la recuperación del bióxido de carbono disipado en la atmósfera (Díaz, et al., 2016).

Los bosques secos a nivel global constituyen una parte importante para el secuestro del carbono; según estudios realizados por Becknell, et al. (2012), los bosques secos tropicales son globalmente extensos pero que sin embargo están siendo poco estudiados. De la misma manera Spracklen & Righelato (2016), afirman que el almacenamiento y el secuestro de carbono por parte de los bosques tropicales son poco

conocidos. Siendo una de las estrategias para mitigar el cambio climático la protección y restauración de los bosques tropicales debido al papel que desempeñan en la captura de carbono en ecosistemas forestales, beneficiando al medio ambiente natural y contribuyendo a la mitigación del calentamiento global, siendo los bosques un importante sumidero de carbono terrestre (Dai, et al., 2015).

Los autores Pan, et al (2011), citados por Jones, et al. (2019), manifiestan que los bosques tropicales son un sumidero persistente de CO₂ atmosférico y almacenan el 55% del carbono terrestre mundial. Al existir esos cambios bruscos en el ecosistema de los bosques secos tropicales tales casos como cambio y uso del suelo destinado para la agricultura, tala de árboles para la obtención de madera o la reciente bio-combustibles, disminuyen a la captura del carbono o representan emisiones de CO₂ (Carvajal & Andrade, 2020) y que por lo tanto el mantenimiento de la cobertura forestal en estos bosques es clave para estabilizar el equilibrio. Es por ello que los autores Jones, et al. (2019), en sus investigaciones manifiestan que la cantidad de carbono almacenado en los bosques tropicales está determinada por las retroalimentaciones entre la producción primaria neta de plantas (NPP), la fertilidad del suelo y el clima.

La preocupación del aumento de las concentraciones de dióxido de carbono CO₂ en la atmósfera ha promovido el estudio y la investigación de los procesos biológicos en los bosques tropicales porque combinan altas tasas de fijación de carbono con las grandes áreas disponibles (Aguilar-Arias, et al., 2012). La vegetación es la encargada de fijar el carbono por medio de la fotosíntesis (Aranda, et al., 2018) y participan en el flujo anual del carbono atmosférico y del suelo (Benjamín y Masera, 1998) tales como el uso de combustibles fósiles para la producción de energía y los procesos derivados del cambio en el uso del suelo y silvicultura, están generando grandes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El carbono se considera almacenado cuando ha pasado de formar alguna estructura de la planta hasta pasar al suelo o a la atmósfera (Díaz, et al., 2016).

El inventario y seguimiento de los bosques son herramientas clave en la comprensión de la estructura, composición, diversidad, biomasa aérea, y almacenamiento de carbono forestal (Sainge, et al., 2020). El stock de carbono en un ecosistema forestal puede ser ampliamente categorizado como biótico (carbono vegetal) y componentes pedológicos (carbono del suelo). Los árboles crecen, secuestran carbono en sus tejidos y a esta medida aumentan la cantidad de biomasa arbórea.

En el Ecuador sobre todo en la región sur, el bosque seco se caracteriza por ser un ecosistema altamente amenazado y poco atendido sobre todo por el papel

fundamental que desempeña en la captura de carbono. Estudios realizados demuestran que el aumento del dióxido de carbono que es principal gas de efecto invernadero se relaciona con el incremento de la temperatura a nivel mundial, por lo que uno de los servicios ecosistémicos que brindan los bosques secos tropicales es la de poder capturar y almacenar el CO₂ reduciendo la huella de carbono (Pacheco, 2020). Es por ello tomando en cuenta lo referido por los autores (Spracklen & Righelato, 2016) en donde estudios realizados sobre el almacenamiento y secuestro de carbono de bosques de montaña en el sur de Ecuador mencionan que los bosques en regeneración reciente, los árboles pequeños (DAP Alt; 10 cm) contribuyeron con hasta el 50% del total de almacenamiento de biomasa aérea. En el bosque secundario más antiguo a gran altura, la madera muerta gruesa contribuyó con el 34% del total de almacenamiento de biomasa aérea.

En el Ecuador se ha constituido el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Art. 405, Constitución de la República del Ecuador, 2008) como herramienta para la conservación y el mantenimiento de las funciones ecológicas con la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades ancestrales en su administración y manejo. Parte del sistema es la Reserva Ecológica Arenillas, situada al sur-oeste del país con su ecosistema de bosque seco de la región Tumbesina.

En la Reserva Ecológica Arenillas se han realizado pocos estudios sobre el almacenamiento y captura de carbono (Macas & Núñez, 2016). Esta área protegida alberga diversas especies de importancia tanto de flora y fauna, por lo que una de las especies representativas en el ámbito de flora es la *Tabebuia chrysantha* siendo una de las especies que ayudan a la captura de carbono y a generar biomasa, otra de las especies claves es la *Ceiba trichistandra* (A. Gray) Bakh. (ceibo), por lo cual se constituye como una especie clave dentro de la Reserva Ecológica Arenillas.

En el presente artículo se presenta una evaluación de Biomasa forestal y captura de carbono en bosques secos con rangos altitudinales entre los 5 y 150 msnm ubicados dentro de la reserva ecológica Arenillas, con el fin de dotar de información que sirva para la gestión efectiva del área en busca de la conservación ecológica y el mejoramiento de los servicios ecosistémicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio de estudio se encuentra en la Reserva Ecológica Arenillas, ubicada entre los cantones Huaquillas y Arenillas cubriendo un total de 13 170 has. Esta área protegida contiene una mezcla de bosques secos, matorral desértico y manglares. El clima de la zona de estudio tiene dos estaciones, una seca y fresca que va desde los meses de mayo a noviembre y una

estación lluviosa y calurosa que va desde diciembre al mes de abril.

En la Reserva Ecológica Arenillas el clima que presenta es cálido-seco, con una temperatura media de 24 °C., las precipitaciones varían de acuerdo con las zonas climáticas: Zona cálida árida: menor a 350 mm/año; Zona cálida muy seca: 300–500 mm/año; Zona cálida seca: 500–1000 mm/año.

Los métodos de transectos y cuadrantes para muestreos de especies forestales son ampliamente utilizados hasta la actualidad por la facilidad y eficiencia que brindan. Se desarrolló en el campo cuadrantes de 0,1 hectárea (100m x 10 m). (Gentry, 1982).

Se ubicó diez diferentes lugares de muestreo con el uso de GPS, a lo largo de la Reserva (figura 1), dentro de la cual se realizaron cuadrantes de 1000 metros cuadrados, las parcelas fueron seleccionadas en las zonas de restauración pasiva demarcada dentro del Plan de Manejo de la Reserva, en el campo se tomó muestras de todos los individuos con igual o más de 10 cm de diámetro del tronco a la altura del pecho (1,30 m DAP), se midieron con forcípula previamente calibradas y cinta diamétrica. Para medir la altura de los árboles se utilizó un clinómetro (HAGLOF ECII-D Suecia) de los datos obtenidos para tener una mejor variabilidad de especies se realizaron los muestreos en diferentes puntos dentro del área protegida. Todos los datos se registraron utilizando fichas de campo.

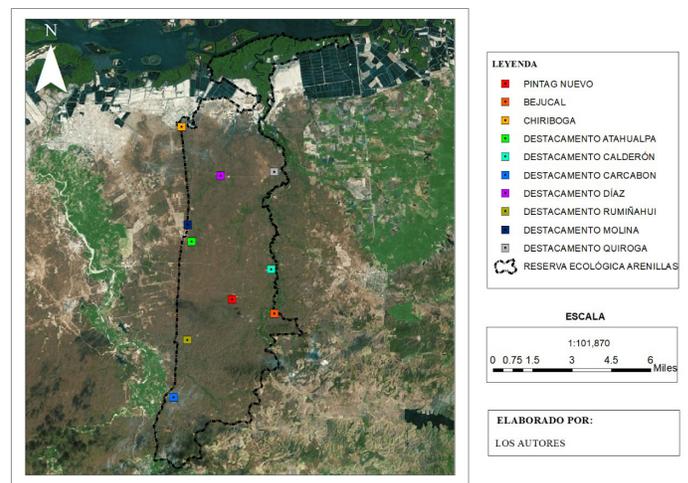


Figura 1. Mapa de los puntos de muestreo en la Reserva Ecológica Arenillas.

Para la estimación de carbono almacenado se utilizó la guía práctica de medición de carbono en la biomasa forestal, con un diseño de muestreo no destructivo, dividiendo al área total de la Reserva Ecológica Arenillas (REAR) en 10 sitios de muestreos diferentes, realizándose en cada uno 3 cuadrantes de 1000 m².

La biomasa de igual manera se estimó por medio del método indirecto con el uso de ecuaciones y modelos matemáticos calculados entre las variables

colectadas en el campo y en los inventarios forestales (volumen del fuste, densidad básica para determinar el peso seco y factores de expansión para determinar biomasa total de los árboles).

El área basal se determinó utilizando el DAP medio de cada especie forestal muestreada (1,30m de altura) de cada especie por una constante matemática (0,7854.), multiplicado por el número de árboles por hectáreas (N).

$$AB = [(DAP \text{ medio})^2 \times 0,7854] (\text{m}^2/\text{arb}) \times N (\text{arb}/\text{ha})$$

Para determinar el volumen se toma el producto del AB multiplicado por la altura y por un coeficiente de forma (relación entre el volumen real y el volumen aparente de un árbol), es el volumen maderable o volumen de los fustes.

$$\text{Vol} = AB \text{ m}^2/\text{ha} \times H \text{ m} \times 0,5$$

La cantidad de carbono se obtuvo mediante el producto del volumen multiplicado por el contenido de materia seca (% MS, se consideró 50%) y por el contenido de C en la MS de cada especie donde el 50% del peso de los individuos es carbono (Cancino, 2006).

$$\text{Cantidad de C} = \text{Vol. m}^3/\text{ha} \times 0,5 \times 0,5$$

Para poder cuantificar la biomasa, se obtiene mediante el producto del volumen maderable (m³) que debe convertirse a peso en seco (ton), multiplicando por un factor de conversión conocido como densidad básica de la madera (D) en (t/m³). (Russo, 2009).

$$\text{Biomasa} = \text{Vol m}^3/\text{ha} \times 0,5 \text{ ton}/\text{m}^3$$

Los datos obtenidos en el campo fueron procesados mediante programa IBM SPSS Statistics 25 con el fin de analizar las medias de los individuos y familias identificadas y su relación con la captura de carbono y la biomasa que representan dentro del ecosistema.

Tabla 1. Datos de especies muestreadas.

FAMILIAS	ESPECIES	N° arb/ha	D.A.P (m)	H (m)	AREA BASAL m ²	VOLUMEN m ³	CANTIDAD CARBONO tn/ha	BIOMASA tn/ha
Anacardiaceae	<i>Loxopterygium huasango</i>	3	0,54	9,66	0,87	8,45	2,11	4,23
Bignoniaceae	<i>Tabebuia chrysantha</i>	57	0,29	8,66	4,79	41,51	10,38	20,76
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	48	0,49	12,07	11,52	139,10	34,78	69,55
Boraginaceae	<i>Cordia lutea</i>	4	0,14	5,02	0,08	0,39	0,10	0,20
Burseraceae	<i>Bursera graveolens</i>	28	0,51	7,97	7,28	58,04	14,51	29,02
Cactaceae	<i>Armatocereus cartwrightianus</i>	16	0,25	6,64	1,00	6,64	1,66	3,32
Capparaceae	<i>Capparis scabrada</i>	24	0,53	8,47	6,74	57,10	14,28	28,55
	<i>Cynophalla mollis</i>	22	0,24	6,01	1,27	7,62	1,90	3,81
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum glaucum</i>	5	0,39	9,54	0,76	7,26	1,81	3,63
Fabaceae	<i>Caesalpinia glabrata</i>	29	0,31	6,65	2,79	18,53	4,63	9,27
	<i>Chloroleucon mangense</i>	12	0,17	4,76	0,35	1,65	0,41	0,83

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Reserva Ecológica Arenillas donde se desarrollaron varias áreas de muestreo, se encontraron 21 especies de árboles con un DAP igual o mayor a 10 cm. Estas especies están agrupadas en 11 familias, la sistematización de la información la podemos observar en la tabla 1.

Se evidencia en que la especie *Tabebuia chrysantha*, se encuentra presente con mayor frecuencia del total de las parcelas de estudio (57 individuos), por la homogeneidad presente se constituye en una población que merece atención en su conservación; en cambio, la especie *Piptadenia flava* la que se encuentra en menor número de los cuadrantes estudiados (1 individuo). La especie *Ceiba trichistandra* es la que tiene mayor DAP generando mayor dominancia de la población de ceibas (1,56 m), y la especie con menor DAP corresponde a *Pithecellobium excelsum* (0,12 m). Esta información permite analizar la composición y los procesos biológicos como también la distribución de especies por toda el área del ecosistema de bosque seco tropical característico de la Reserva Ecológica.

La altura de fuste con mayor valor de las medias es para *Ceiba trichistandra* (18,03m), mientras que la especie *Piptadenia flava* es la que menos altura tiene (4,0 m); de la misma manera estas dos especies obtuvieron el mayor y menor valor del área basal, (48,67 y 0,02 m² respectivamente). Estas diferencias encontradas indican que las especies corresponden a bosques secundarios que se encuentran en recuperación luego de ser afectados por procesos de deforestación que ejercen hasta la fecha presión hacia los componentes arbóreos de la REAR.

	<i>Erythrina velutina</i>	12	0,74	10,84	6,57	71,23	17,81	35,62
	<i>Geoffroea spinosa</i>	29	0,42	9,78	5,12	50,03	12,51	25,02
	<i>Piptadenia flava</i>	1	0,14	4	0,02	0,08	0,02	0,04
	<i>Piscidia cartagenensis</i>	4	0,46	7,62	0,85	6,45	1,61	3,22
	<i>Pithecellobium excelsum</i>	6	0,12	5,93	0,09	0,51	0,13	0,26
	<i>Prosopis juliflora</i>	37	0,33	6,22	4,03	25,06	6,27	12,53
	<i>Senna mollisima</i>	8	0,16	6,88	0,20	1,41	0,35	0,70
Malvaceae	<i>Ceiba trichistandra</i>	20	1,56	18,03	48,67	877,56	219,39	438,78
	<i>Eriotheca ruizii</i>	33	0,56	11,75	10,35	121,60	30,40	60,80
Rubiaceae	<i>Simira Ecuadoriensis</i>	8	0,3	7,54	0,72	5,43	1,36	2,71

La biomasa forestal aérea se estimó a partir de las medias de los parámetros de altura y DAP medidos en el campo para cada especie, los datos obtenidos se grafican en un histograma de frecuencia tal como lo muestra la figura 2.

La biomasa total de las 21 especies es de 752,8 tn/ha. Siendo la especie *Ceiba trichistandra* la que mejor aporta con la biomasa forestal por su gran tamaño en diámetro y altura, caso contrario presenta la especie *Senna mollisima*, siendo la representación con menos aporte en la biomasa forestal del ecosistema estudiado. Esta variable indica que existe gran diferencia de aportes por especies debido a las características de los factores abióticos del ecosistema, la retroalimentación que tienen los individuos de las poblaciones arbóreas en cuanto a la productividad primaria entre otras características como las mencionan Jones et al., (2019).

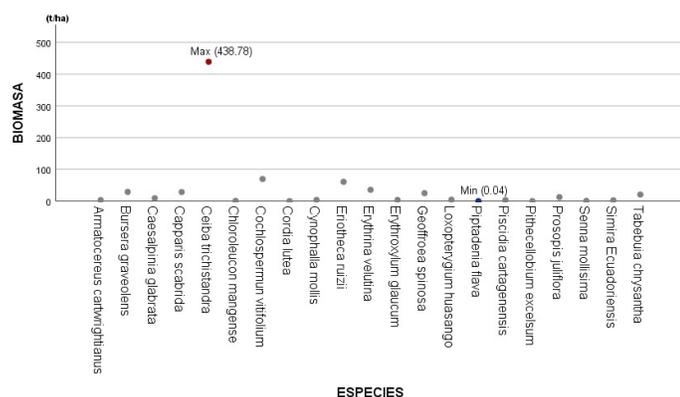


Figura 2. Relación de especies con la biomasa forestal.

Los resultados de los aportes de biomasa forestal por familias están representados en el (grafico 3), donde se puede apreciar que los individuos de la familia Malvaceae son los que aportan con mayor cantidad (499,58 t/ha) frente a las demás especies cuyos valores se encuentran por debajo de las 100 tn/ha (Figura 3).

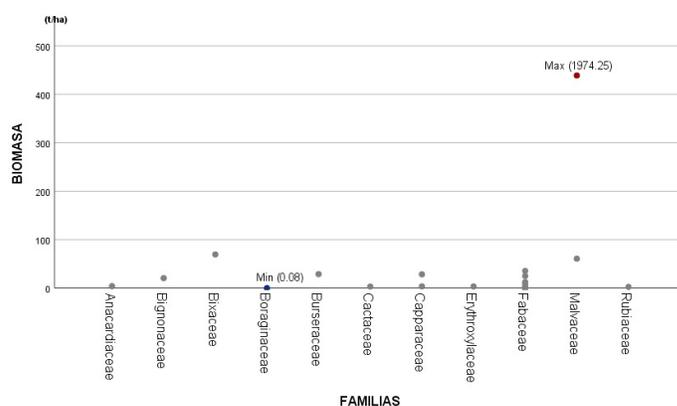


Figura 3. Relación de familias con la biomasa forestal.

El contenido de carbono capturado para el bosque seco de la Reserva Ecológica Arenillas, se estimó a partir de la biomasa aérea arbórea calculada previamente, y se obtuvo que el total de carbono captado por las 21 especies forestales es de 376,42 t/ha.

Los valores calculados se muestran en el grafico 3. La especie que hace mayor aporte a la captación del carbono es *Ceiba trichistandra* con un valor de 219,39 t/ha siendo un valor muy significativo del total de carbono captado por la totalidad del área estudiada.

Cómo se puede observar en el gráfico 4 al relacionar las familias vegetales leñosas con el contenido de carbono captado, la familia Malvaceae con sus especies *Ceiba trichistandra* y *Eriotheca ruizii* son las que mayor aporte realizan con 249,79 t/ha. Mostrando diferencias significativas con los resultados obtenidos por Aguirre (2017), en donde determinan el valor de 118,44 tCO₂/ha en estudios realizados a las mismas especies en el bosque seco de la provincia de Loja (Figura 4 y 5).

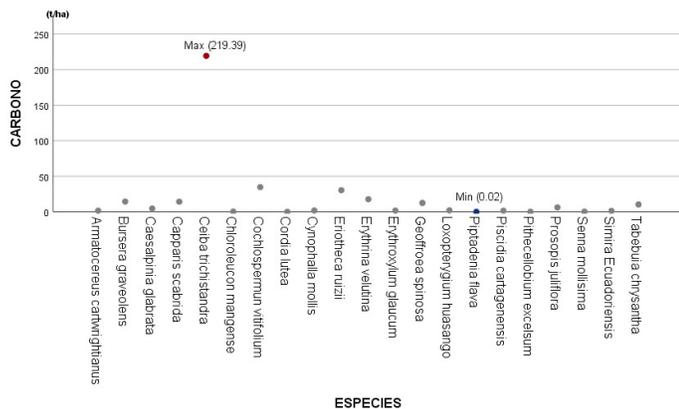


Figura 4. Relación de especies con el carbono captado.

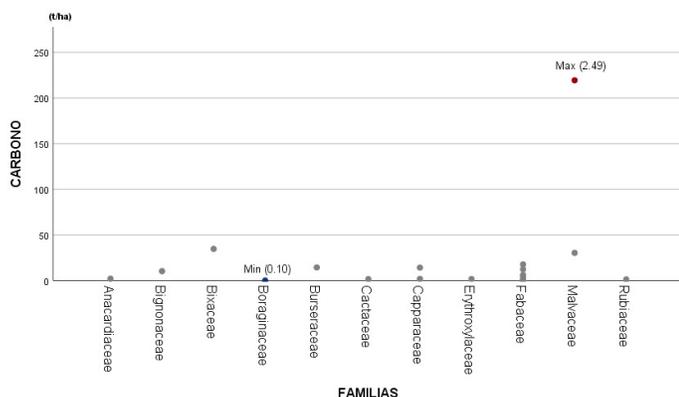


Figura 5. Relación de familias con la captura de carbono.

En los ecosistemas forestales la distribución de la biomasa forestal y la captura de carbono difiere de la composición estructural del mismo, las especies, la edad de la vegetación, las condiciones climáticas, las características del suelo. Contexto que se corrobora con los resultados de la investigación. Además, como lo afirman Clark & Clark (2000), los ecosistemas tropicales y subtropicales poseen una variación considerable en la biomasa forestal y captura de carbono debido a la riqueza de las especies presentes tal como sucede en los componentes ecológicos del bosque seco tropical que forman parte de la Reserva Ecológica Arenillas.

En cuanto a los valores obtenidos de la captura de carbono por cada una de las 21 especies identificadas, la especie *Tabebuia chrysantha* (mayor número de árboles por hectárea) aporta con 10,38 tn/ha cantidad muy similar a la descrita por Macas & Núñez (2016), en su investigación realizada en la misma área protegida con valores estimados de 10,47 tn/ha.

Los resultados obtenidos en cuanto a la captación de carbono por parte de la especie *Ceiba trichistandra* 219,39 tn/ha, difiere mucho con los valores obtenidos por Macas & Núñez (2016), 69,368 tn/ha, debido

posiblemente a la metodología utilizada por las autoras que limitaron los muestreos a la zona de restauración activa establecida en el plan de manejo de la REAR, frente a los muestreos realizados con puntos estratégicos que cubren la totalidad del área protegida. Cabe indicar que las dos especies analizadas son consideradas claves en la reserva por sus características biológicas y por sus atractivos turísticos que genera.

CONCLUSIONES

La evaluación de la biomasa forestal en el Reserva Ecológica Arenillas determinó que la especie *Ceiba trichistandra* aporta con la mayor biomasa forestal aérea debido a su dominancia en el ecosistema frente a las demás especies, su mayor diámetro y altura del fuste, de igual manera contribuye mayoritariamente en la captación del carbono atmosférico.

Existe diferencias significativas en la composición de la biomasa forestal y la captación de carbono por la riqueza de especies con individuos que varían en sus características morfológicas (diámetro y altura del fuste) de las 11 familias encontradas, siendo la familia Malvaceae la de mayor aporte cuantitativo en las variables estudiadas.

La Reserva Ecológica Arenillas constituye un área que además de conservar los ecosistemas y la diversidad de especies se convierte en un gran sumidero de carbono que aporta a la regulación climática, al calentamiento del planeta y a la incorporación del carbono a su ciclo.

La información contribuye para la generación de estrategias o políticas de manejo del área protegida que deben ir enfocadas en busca del desarrollo sostenible en el que se incluyan acciones de conservación del ecosistema, uso adecuado de los recursos (turístico), fortalecimiento de los servicios ecológicos integrando la participación activa de la población usuaria de la reserva ecológica como también de las entidades públicas o privadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Arias, H., Ortiz-Malavasi, E., Vílchez-Alvarado, B., & Chazdon, R. L. (2012). Biomasa sobre el suelo y carbono orgánico en el suelo en cuatro estadios de sucesión de bosques en la Península de Osa, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 9(22), 22-31.
- Aguirre Padilla, N. I. (2017). Captura de carbono en el compartimiento leñoso del bosque seco en la provincia de Loja con perspectivas de mercado. (Tesis de maestría). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Álvarez-Dávila, E., Cayuela, L., González-Caro, S., Aldana, A. M., Stevenson, P. R., Phillips, O., Cogollo, Á., Peñuela, M. C., Von Hildebrand, P., Jiménez, E., Melo, O., Londoño-Vega, A. C., Mendoza, I., Velásquez, O., Fernández, F., Serna, M., Velázquez-Rúa, C., Benítez, D., & Rey-Benayas, J. M. (2017). Forest biomass density across large climate gradients in northern South America is related to water availability but not with temperature. *PLoS ONE*, 12(3), 1–16.
- Aranda-Arguello, R., Ley-de-Coss, A., Arce-Espino, C., Pinto-Ruiz, R., Guevera-Hernández, F., & Raj-Aryal, D. (2018). Captura de carbono en la biomasa aérea de la palma de aceite en Chiapas, México. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 629-637.
- Cancino, J. O. (2006). *Dendrometría básica*. Universidad de Concepción.
- Carvajal-Agudelo, B. N., & Andrade, H. J. (2020). Captura de carbono en biomasa de sistemas de uso del suelo, municipio de Yopal, Casanare, Colombia. *Orinoquia*, 24(1), 13–22.
- Cerillo, A. (2020). La concentración de CO₂ en la atmósfera sigue en aumento pese a la pandemia. <https://www.lavanguardia.com/natural/20200512/481123650267/concentracion-co2-pnuma-incendios.html>
- Clark, D., & Clark, D. (2000). Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. *For Ecol Manage. Forest Ecology and Management*, 137(1-3), 185-198.
- Dai, Z., & Johnson, K., & Birdsey, R. A., Hernández -Stefanoni, J., & Dupuy, J. (2015). Assessing the effect of climate change on carbon sequestration in a Mexican dry forest in the Yucatan Peninsula. *Ecological Complexity*, 24, 46-56.
- Díaz Chuquizuta, P., Fachin Ruiz, G., Tello Salas, C., & Arévalo López, L. (2016). Carbono almacenado en cinco sistemas de uso de tierra, en la región San Martín Perú. *Rinderesu*, 1(2), 57–67.
- Gentry, A. (1982). Patterns of Neotropical Plant Species Diversity *Evolutionary Biology*, 15, 1-85.
- Jones, I. L., Dewalt, S. J., Lopez, O. R., Bunnefeld, L., Pattison, Z., & Dent, D. H. (2019). Above- and belowground carbon stocks are decoupled in secondary tropical forests and are positively related to forest age and soil nutrients respectively. *Sci Total Environ.*, 297.
- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Monarrez-Gonzalez, J. C., González-Tagle, M. A., & Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición and diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera Bosques*, 23(1), 39–51.
- Macas, G., & Núñez, D. (2016). Evaluación de la distribución poblacional de la *Tabebuia Chrysantha* en el área de restauración pasiva de la Reserva Ecológica Arenillas. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala.
- Pacheco Gutiérrez, C. A. (2020). Estimación del almacenamiento y retención de Dióxido de carbono en el arbolado urbano público de la zona de Achumani de la ciudad de La Paz a través de una aplicación móvil. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 19(19), 153-174.
- Quiceno-Urbina, N. J., Tangarife-Marín, G. M., & Álvarez-León, 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). *Luna Azul*, 43(43), 171–202.
- Ramírez, L., Jumbo, A., & Arevalo, D. (2018). Medición De Carbono Del Estrato Arbóreo Del Bosque Natural T Inajillas -L Imón I Ndanza , E Cuador. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*, 27(1), 51–63.
- Sainge, M., Nchu, F., & Peterson, A. T. (2020). Diversity, aerial biomass and vegetation patterns in a tropical dry forest in the Kimbi-Fungom National Park, Cameroon. *Heliyon*, 6(1).
- Spracklen, D., & Righelato R. (2016). Almacenamiento de carbono y secuestro de bosques de montaña en el sur de Ecuador. *Ecología y Manejo Forestal*, 364, 139-144.