

Revista Cubana de Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 10, número 1; 2022

Artículo original

Estructura florística y carbono almacenado en la biomasa de tres ecosistemas estratégicos del pacífico colombiano

Floristic structure and carbon stored in the biomass of three strategic ecosystems of the Colombian Pacific

Estrutura florística e carbono armazenado na biomassa de três ecossistemas estratégicos do Pacífico colombiano

Víctor Eleazar Mena Mosquera^{1*}  <https://orcid.org/0000-0001-5163-4220>

Jhon Jerley Torres Torres²  <https://orcid.org/0000-0002-0503-837X>

Juan Carlos Ruiz Asprilla³  <https://orcid.org/0000-0002-4215-6287>

¹Universidad Tecnológica del Chocó, Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación Agroforestería del Trópico Húmedo Chocoano. Colombia.

²Universidad Tecnológica del Chocó, Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación Ciencia Animal y Recursos Agroforestales. Colombia.

³Grupo de Investigación Agroforestería del Trópico Húmedo Chocoano, Quibdó, Colombia.

*Autor para la correspondencia: memovie@gmail.com

Recibido: 09/08/2021.

Aprobado: 02/02/2022

RESUMEN

A pesar de la amplia diversidad sugerida para el pacífico colombiano, a la fecha es poco lo que se ha documentado sobre sus bosques inundables, lo que no ha permitido que se emprendan estrategias de manejo acorde a las características propias de los sitios. Para contribuir al conocimiento de estos ecosistemas, se caracterizó la estructura florística y se estimó el carbono almacenado en la biomasa total de tres bosques inundables (Manglar, Sajal y Guandal). Se establecieron diez parcelas de 0,1 ha. Se midieron los



individuos con diámetro ($D_{1.30}$) > cinco cm y la altura en metros. El cálculo de la biomasa aérea se efectuó empleando ecuaciones alométricas desarrolladas para este tipo de ecosistema. Se determinó el Índice de Valor de Importancia. Se realizó un análisis de Componentes Principales para comparar la composición y estructura de los tres ecosistemas. Se compararon los datos de número de individuos, área basal, biomasa y carbono a través del análisis de varianza no paramétrico Kruskal-Wallis. Se registraron en total 1678 individuos, agrupados en 92 especies y 38 familias botánicas. En promedio se encontraron $29,5 \text{ MgC ha}^{-1}$ almacenados en la biomasa total (subterránea y aérea, distribuidos en Manglar- $37,7 \text{ MgC ha}^{-1}$, Sajal- $28,3 \text{ MgC ha}^{-1}$ y Guandal- $22,4 \text{ MgC ha}^{-1}$. El Manglar presenta mayor número de individuos que el Guandal y Sajal. Se encontraron dos grupos: el primero dominado por una especie y el segundo con más de tres especies dominantes.

Palabras clave: Biomasa; Bosques inundables; Chocó Biogeográfico; Manglar; Pacífico colombiano.

ABSTRACT

Despite the wide diversity suggested for the Colombian Pacific, to date little has been documented about its flooded forests, which have not allowed management strategies to be undertaken according to the characteristics of the sites. In order to contribute to the knowledge of these ecosystems, the floristic structure was characterized and the carbon stored in the total biomass of three flooded forests (Mangrove, Sajal and Guandal) was estimated. Ten plots of 0.1 ha were established. Individuals with diameter ($D_{1.30}$) > 5 cm and height in meters were measured. Aerial biomass was calculated using allometric equations developed for this type of ecosystem. The Importance Value Index was determined. A Principal Component Analysis was performed to compare the composition and structure of the three ecosystems. Data on number of individuals, basal area, biomass and carbon were compared using the Kruskal-Wallis non-parametric analysis of variance. A total of 1678 individuals were recorded, grouped into 92 species and 38 botanical families. On average, 29.5 MgC ha^{-1} were found stored in total biomass (below and above ground), distributed in Mangrove 37.7 MgC ha^{-1} , Sajal 28.3 MgC ha^{-1} and Guandal 22.4 MgC ha^{-1} . Mangrove presents a greater number of individuals than Guandal and Sajal. Two groups were found: the first dominated by one species and the second with more than three dominant species.

Keywords: Biomass; Flooded forests; Biogeographic Chocó; Mangrove; Colombian.

RESUMO

Apesar da grande diversidade sugerida para o Pacífico colombiano, até o momento pouco foi documentado sobre suas florestas inundadas, o que não permitiu que estratégias de manejo fossem desenvolvidas de acordo com as características dos locais. A fim de contribuir para o reconhecimento desses ecossistemas, a estrutura florística foi caracterizada e o carbono armazenado na biomassa total de três florestas inundadas (Manguezal, Sajal e Guandal) foi estimado. Dez parcelas de 0,1 ha foram estabelecidas. Os indivíduos com diâmetro ($D_{1.30}$) > cinco cm e altura em metros foram medidos. A biomassa acima do solo foi calculada usando equações alométricas criadas para este tipo de ecossistema. O Índice de Valor de Importância foi determinado. Foi realizada uma



Análise de Componentes Principais para comparar a composição e a estrutura dos três ecossistemas. Os dados sobre o número de indivíduos, área basal, biomassa e carbono foram comparados utilizando a análise não paramétrica de variância Kruskal-Wallis. Um total de 1678 indivíduos foram registrados, agrupados em 92 espécies e 38 famílias botânicas. Em média, foram encontrados 29,5 MgC ha⁻¹ armazenados em biomassa total (abaixo e acima do solo), distribuídos em Manguezal - 37,7 MgC ha⁻¹, Sajal - 28,3 MgC ha⁻¹ e Guandal - 22,4 MgC ha⁻¹. O Manguezal tem um número maior de indivíduos do que Guandal e Sajal. Foram encontrados dois grupos: o primeiro dominado por uma espécie e o segundo com mais de três espécies dominantes.

Palavras-chave: Biomassa; Florestas inundadas; Chocó biogeográfico; Manguezal; Pacífico colombiano.

INTRODUCCIÓN

La costa pacífica colombiana incluida en el Chocó biogeográfico es reconocida por sus atributos florísticos y su amplia diversidad biológica (Klínger, 2011, Álvarez *et al.*, 2016; Mena-Mosquera *et al.*, 2020; Torres-Torres *et al.*, 2022), esto debido a su extensión geográfica, complejidad ecológica y alta cantidad de endemismo. Estas características han hecho que la región sea considerada como un *hotspot* de conservación (Myers *et al.*, 2000; Galeano 2001; Quinto y Moreno 2014; Álvarez *et al.*, 2016).

Estudios a escala regional han descrito las principales características florísticas de los ecosistemas pluviales y húmedos tropicales del Chocó colombiano. Estas investigaciones han contribuido a la explicación de los cambios estructurales y de diversidad por medio de factores como la edad de los bosques (Torres-Torres *et al.*, 2016), la precipitación (Galeano *et al.*, 1998; Galeano 2001; Quinto y Moreno 2016) y las condiciones edáficas del área (Quinto y Moreno, 2014). De otro lado, se ha investigado la capacidad de almacenamiento de carbono de estos ecosistemas (Torres-Torres *et al.*, 2017) y se ha resaltado la necesidad de efectuar este tipo de estudios para las iniciativas comunitarias de conservación (Álvarez *et al.*, 2016; Mena-Mosquera *et al.*, 2020).

Pese a los avances en el conocimiento de los atributos florísticos y sobre la capacidad de almacenamiento de carbono de los bosques húmedos tropicales de baja altitud de la costa pacífica colombiana, a la fecha es poco lo documentado sobre la variabilidad en composición, estructura, diversidad y carbono almacenado en la biomasa de la vegetación de los ecosistemas de Manglar, Sajal y Guandal de esta región estratégica del mundo, lo que no ha permitido que se emprendan estrategias de manejo conforme a las características de los sitios (Álvarez *et al.*, 2016).

Con el ánimo de contribuir al entendimiento de la composición y diversidad florística de bosques costeros del Bajo Baudó en el pacífico colombiano y, la cantidad de carbono almacenado en la biomasa de la vegetación leñosas de tres ecosistemas estratégicos, se efectuó la presente investigación, cuyo objetivo fue evaluar las diferencias estructurales y el contenido de carbono de los ecosistemas de Manglar, Sajal y Guandal en el municipio de Bajo Baudó, Chocó, Colombia.



MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La presente investigación se realizó en bosques naturales del Consejo Comunitario de Sivorú del municipio de Bajo Baudó, Chocó. Geográficamente se encuentra localizado entre las coordenadas 4°57' de latitud norte y 77°22' de longitud oeste, con una temperatura promedio de 28°C. Los sitios específicos de muestreo fueron: Estero Playa Nueva, Río Sivorú, Río Dotenado, Estero las Contreras, Estero el Coco, Estero Caimán, Estero el Secadero y Estero el Guamo (Figura 1).

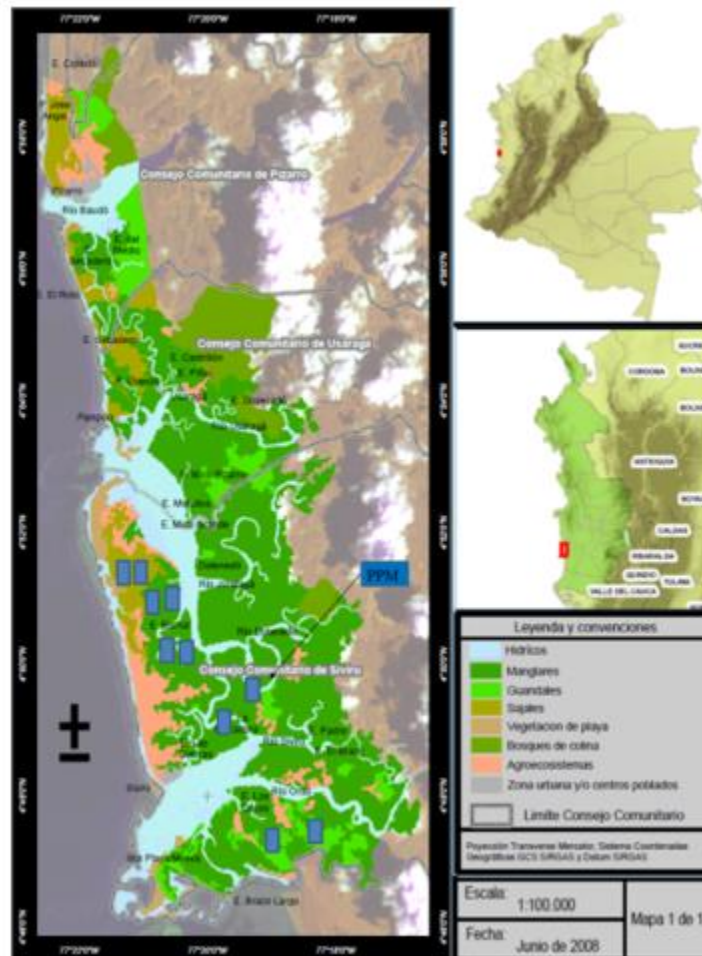


Figura 1. - Ubicación de las unidades de muestreo establecidas en ecosistemas de Manglar, Sajal y Guandal del Bajo Baudó, Pacífico colombiano

Unidades de muestreo

Se establecieron 10 parcelas de 20 x 50 m (0,1 ha), dos en el ecosistema de Sajal, dos en el de Guandal y seis en el de Manglar (Álvarez *et al.*, 2016; Torres-Torres *et al.*, 2022). Se consideraron todas las especies con diámetro a 1,30 m del suelo ($D_{1.30} \geq 5$ cm). A todos los individuos se le midió el DAP en centímetros (cm) con una cinta



diamétrica y la altura en metros (m) con una vara de madera graduada de 15 m de longitud (Figueredo *et al.*, 2017).

Identificación botánica

En campo se identificaron todos los individuos, indicando la especie, género y/o familia botánica. En el caso de las especies registradas cuya identificación fue desconocida o dudosa, se colectaron tres muestras botánicas para las plantas sin flores y frutos y cinco para las que sí contenían estos órganos. A cada muestra se le anotó se le anotó su respectivo número de colecta (Torres-Torres *et al.*, 2016; Mena-Mosquera *et al.*, 2020). Las muestras botánicas se transportaron hasta el herbario de la Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luis Córdoba", Quibdó, Colombia, donde se confrontaron con el material existente y se identificaron utilizando las claves de Gentry (1993). Posterior a esto, se verificaron la vigencia del nombre científico y la familia en Colombia (Universidad Nacional de Colombia) (<http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/>), New York Botanical Garden (<https://sciweb.nybg.org/science2/VirtualHerbarium2.asp.html>), Trópicos (<https://www.tropicos.org/home>) y The International Plant Names Index (<https://www.ipni.org/>).

Estimación de biomasa y carbono

Para el cálculo de la biomasa aérea se asignaron valores de densidad de la madera a las especies registradas en el censo. Este valor fue extraído de la Base Global de Datos de Densidad de la Madera (BGDM) (Zanne *et al.*, 2009), la cual contiene información de 2004 especies de América tropical. Para las especies comunes entre los inventarios del presente estudio y la BGDM se asignó el valor de Dm a nivel específico; en el caso de las especies no comunes se utilizó el promedio de Dm a nivel de género, y finalmente para los géneros no registrados en la BGDM se utilizó el promedio de Dm a nivel de familia (Álvarez *et al.*, 2016; Torres-Torres *et al.*, 2017). Finalmente, se estimó la biomasa utilizando la ecuación de Álvarez *et al.*, (2012) desarrollada para ecosistemas de bosque pluvial tropical (Ecuación 1).

$$\text{Biomasa} = \exp (-2,857 + 2,081 * \ln D + 0,587 * \ln AI + 0,453 * \ln Dm) \quad (1)$$

Donde:

D = Diámetro;

AI = Altura total;

Dm = Densidad de la madera.

Análisis estadístico de los datos

Con los datos obtenidos se calculó el área basal (AB) (Torres-Torres *et al.*, 2022). Además, se siguió la metodología de Lozada (2010) para determinar las abundancias absoluta (Aa) y relativa (Ar), la frecuencia absoluta (Fa) y relativa (Fr) y las dominancias absolutas (Da) y relativa (Dr). Se determinó el Índice de Valor de Importancia (IVI), que constituye la suma aritmética de los valores de Ar, Fr y Dr (Curtis y McIntosh 1951, Figueredo *et al.*, 2017). Se realizó un análisis de Componentes Principales (ACP) para comparar la composición de los tres ecosistemas (diversidad beta b) e identificar los sitios que compartían una combinación de características estructurales, de número de individuos/parcela, número de especies/parcela y área basal/parcela (Torres-Torres *et al.*, 2022).



Se compararon los datos de número de individuos, área basal, biomasa y carbono a través del análisis de varianza no paramétrico Kruskal-Wallis (K-W) y una prueba de rangos múltiples de diferencia significativa (LSD). Los análisis se realizaron con el software PAST versión 3.1 (Hammer *et al.*, 2001).

RESULTADOS

Estructura florística. Se registraron en total 1678 individuos, agrupados en 92 especies y 38 familias botánicas. La mayor abundancia se encontró en el ecosistema de Guandal, siendo este estadísticamente diferente al Manglar y el Sajal (Figura 2).

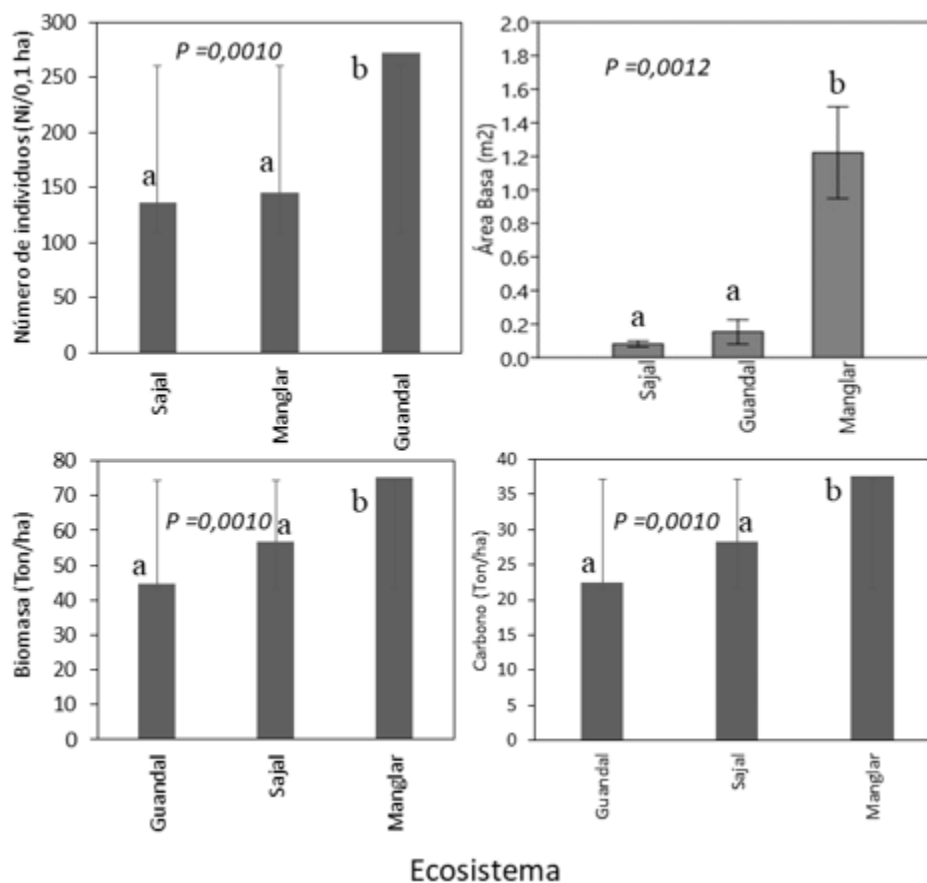


Figura 2. - Análisis Kruskal-Wallis con un 95 % de confianza para comparar variables de estructura en tres ecosistemas estratégicos del Pacífico colombiano.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P < 0,05$)

En promedio se encontraron 272 individuos $0,1 \text{ ha}^{-1}$ en el ecosistema de Guandal, 145 individuos $0,1 \text{ ha}^{-1}$ en el Manglar y 136 individuos $0,1 \text{ ha}^{-1}$ en Sajal (Figura 2).

La información florística encontrada en el Manglar y Guandal sugiere una tendencia a la heterogeneidad. Para el primer ecosistema se registró a *Rhizophora racemosa* G.Mey. (IVI= 63,93) y *Pelliciera rhizophorae* Planch. & Triana. (IVI= 60,95) como las más



abundantes; mientras que para el segundo se destacan *Euterpe oleracea* Mart. (IVI= 14,48) y *Carapa guianensis* Aubl. (IVI= 13,62) en el Guandal. En el Sajal por su parte, se observó un ecosistema homogéneo hiperdominado por *Camposperma panamensis* Standl. (conocida localmente como Sajo - IVI=58,29). En el Sajal también se encontraron especies con individuos maduros, lo que explica la alta dominancia de algunos grupos florísticos (Figura 3).

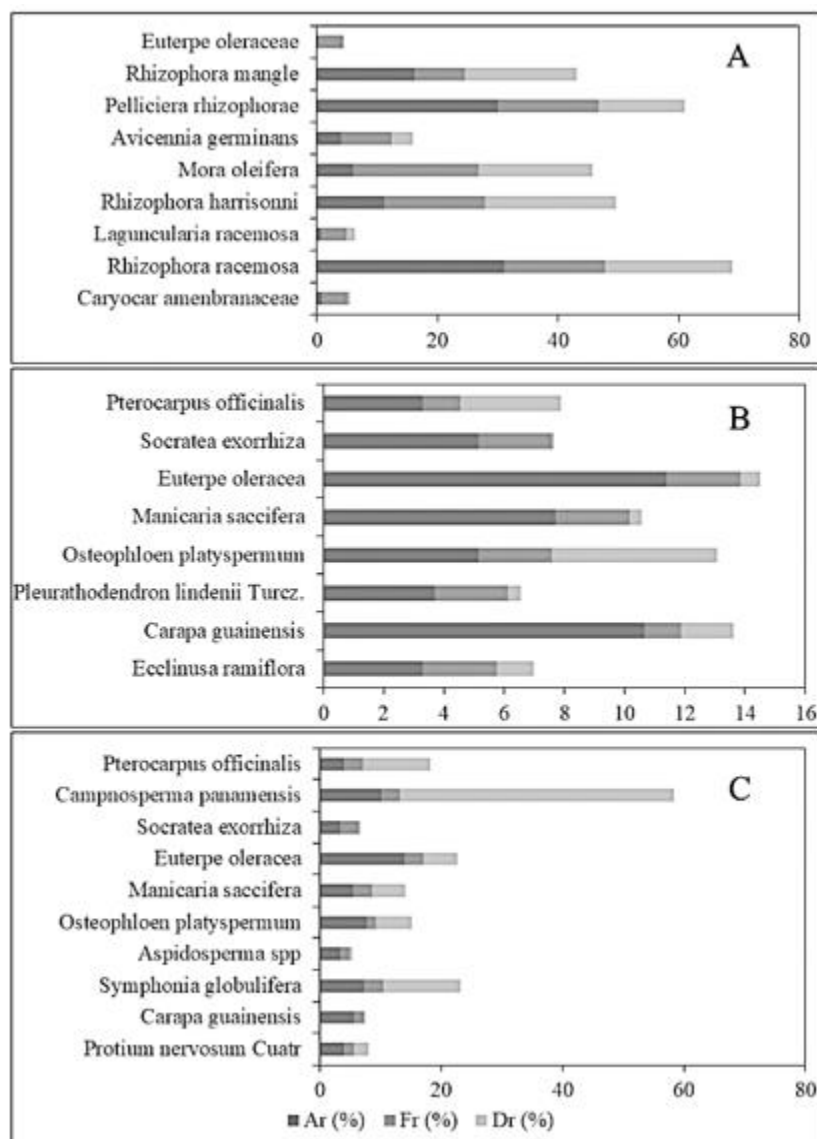


Figura 3. - Índice de Valor de Importancia IVI para las especies dominantes de los ecosistemas de Manglar (A), Guandal (B) y Sajal (C) del Bajo Baudó, Pacífico colombiano

El análisis de componentes principales (PCA) explica el 71 % de la variabilidad estructural de los ecosistemas estudiados (Figura 4). De este total, el componente 2, con un 38 % separa las parcelas de 0,1 ha del ecosistema de Sajal, del resto de parcelas establecidas, encontrándose la menor Área basal en este sitio. Entre el manglar y el



Guandal se observa un efecto similar pero menos importante, destacándose una similitud en el número de individuos, especies y familias.

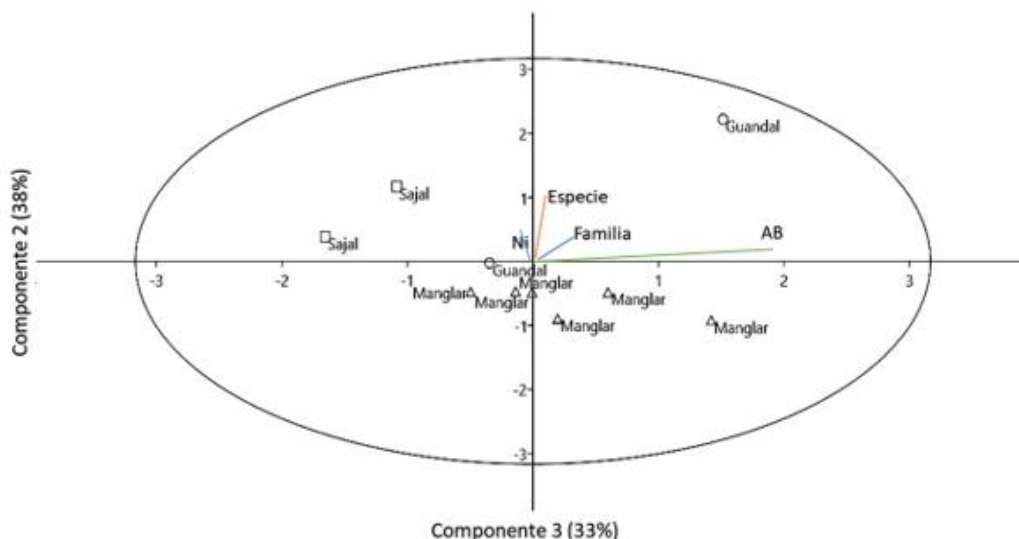


Figura 4. - Análisis de Componentes Principales PCA para la identificación de tipos estructurales de tres ecosistemas estratégicos del Bajo Baudó, Pacífico colombiano
 AB: Área Basal, Ni: Número de individuos

Carbono almacenado en la biomasa total. Se encontró un Carbono promedio de 29,5 MgC ha⁻¹ para los tres ecosistemas. Los bosques de manglar presentaron un Carbono total (media $\pm$ DE) 37,7 $\pm$ 0,54 MgC ha⁻¹, seguido del Sajal con 28,3 $\pm$ 1,04 MgC ha⁻¹ y Guandal 22,4 $\pm$ 0,78 MgC ha⁻¹ (Tabla 1). El contenido de biomasa y carbono obtenido en el Manglar es diferente al obtenido en los otros dos ecosistemas (Figura 2).

Tabla 1. - Carbono almacenado en la biomasa aérea y subterránea de tres ecosistemas estratégicos del Bajo Baudó, Pacífico colombiano

Ecosistema	Número de Individuos	Carbono		
		Subterráneo (Mg ha ⁻¹)	Aéreo (Mg ha ⁻¹)	Carbono Total (Mg ha ⁻¹)
Sajal	862 $\pm$ 85,96	6,65 $\pm$ 1,01	21,6 $\pm$ 1,32	28,3 $\pm$ 1,04
Manglar	554 $\pm$ 6,23	6,57 $\pm$ 0,98	30,9 $\pm$ 1,64	37,7 $\pm$ 0,54
Guandal	272 $\pm$ 15,22	4,77 $\pm$ 0,72	24,4 $\pm$ 1,23	22,4 $\pm$ 0,78
media		6	25,6	29,5

Se observó una similitud en el contenido de biomasa y carbono de los ecosistemas de Sajal y Guandal (Figura 2). De otro lado, Carbono subterráneo encontrado es similar en los tres sitios muestreado, mientras que para el carbono almacenado en la biomasa aérea si se evidenciaron deferencias ($P = 0,0010$).



DISCUSIÓN

Estructura florística. Los resultados de esta investigación (92 especies en 1 ha) corroboran que el Chocó es una de las regiones más ricas en especies vegetales (Galeano 2001), siendo estos resultados superiores a los reportados en estudios realizados para esta región (Quinto y Moreno 2014; Torres-Torres *et al.*, 2016; Álvarez *et al.*, 2016; Mena-Mosquera *et al.*, 2020).

Para las variables estructurales estudiadas se encontraron mejores respuestas para los ecosistemas Manglar y Guandal, lo cual contrasta con la teoría que señala que los ecosistemas que no se encuentran en zonas inundables poseen mayor número de individuos y abundancia de especies, debido a que en estos ambientes hay mayor drenaje del agua y se crea el microclima para el desarrollo de una variedad de especies (Duivenvoorden 1996; Grauel, 2004; Álvarez *et al.*, 2016).

El ecosistema Sajal presenta una marcada homogeneidad, caracterizada por el predominio de una especie (*C. panamensis*), presencia de pocas especies y con individuos maduros que se adaptan al entorno pantanoso. Este resultado coincide con lo documentado por Álvarez *et al.* (2016), quienes encontraron estas mismas características en ecosistemas inundables de Bajo Calima, en la costa pacífica colombiana.

Las diferencias observadas en el análisis PCA (Figura 4) pueden ser explicadas por las características inundables del ecosistema de Sajal, lo cual determina el desarrollo de las poblaciones dominantes del sajo (*C. panamensis*), que es definido por Gentry (1993) como un árbol ribereño de pantano, endémico del Chocó biogeográfico y además se encuentra adaptada al ambiente que ofrece este ecosistema estratégico (Del Valle 2000). En términos del número de individuos y el área basal, de este bosque, es similar al sugerido para el delta de los ríos Patía y San Juan en la costa pacífica colombiana, pero diferente a las características descritas por Del Valle (1996) en ecosistemas de Guandal del río Patía del Pacífico colombiano.

De igual forma, lo presentado en la Figura 4, sugiere una diferencia estructural del Sajal con respecto al Manglar y Guandal, lo cual puede estar relacionado con el menor nivel de salinidad que presenta este ecosistema (Herrera *et al.*, 2016; Agraz-Hernández *et al.*, 2020), lo cual lleva a la necesidad de considerar esta variable en futuras investigaciones.

Carbono almacenado en la biomasa total. El Carbono total obtenido para los tres ecosistemas (Guandal = 22,4 Mg C ha⁻¹, Sajal = 28,3 Mg C ha⁻¹ y Manglar = 37,7 Mg C ha⁻¹), se encuentra en el rango sugerido para este tipo de ecosistema (Clark *et al.*, 2001). Sin embargo, el promedio de carbono para los tres sitios analizados (29,5 Mg C ha⁻¹) es mayor que el valor reportado por Luyssaert *et al.* (2007) (17,28 Mg C ha⁻¹) para 29 bosques tropicales húmedos e inundables de todo el mundo.

El manglar contiene mayor carbono almacenado en la biomasa que el Sajal y Guandal (Tabla 1). Este resultado puede estar relacionado con las diferencias estructurales de las áreas muestreadas, especialmente el número de individuos presentes por sitio (Mena-Mosquera *et al.*, 2020). Al respecto Álvarez *et al.*, (2012) y Fauset *et al.*, (2015), han indicado que en ecosistemas naturales cuan más individuos hay, mayor es el carbono que contiene este ecosistema, el cual tiende a incrementar conforme aumenta el diámetro o la edad de estos (Torres-Torres *et al.*, 2017).



Malhi *et al.*, (2009) y Aragão *et al.*, (2009) han sugerido que la apertura de claro en bosques por acciones naturales o antrópicas favorece el crecimiento significativo de algunos árboles, lo cual favorece el almacenamiento y fijación de carbono en ecosistemas estratégicos. Esto último también puede explicar el contenido de biomasa y carbono del ecosistema de Manglar, en el cual se observó que a pesar de contener menor número de individuos que el Sajal, contiene mayor carbono. De esto se puede inferir que la diversidad y las condiciones de sitio influyen en el almacenamiento y fijación de carbono de los sitios muestreados (Quinto y Moreno 2017).

De igual forma, el resultado del Carbono almacenado en el ecosistema de Manglar se encuentra en el rango sugerido para manglares de Asia (Kauffman *et al.*, 2013) y por debajo del documentado para América (Bernal y Mitsch, 2008; Valdés-Velarde *et al.*, 2011; Marín-Muñiz *et al.*, 2014). Estas diferencias pueden estar relacionadas con las condiciones ambientales de los sitios (De la Peña *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

El Guandal contiene mayor número de individuos que el Manglar y Sajal. A nivel florístico estos ecosistemas presentan una tendencia a la homogeneidad, donde existen de 1 a 4 especies dominantes, que por lo general contienen un gran número de individuos maduros. De igual forma, en el área de estudio se identifican dos grupos estructurales: el primero Sajal que es un ecosistema dominado por Sajo (*C. panamensis*) y el segundo conformado por el Manglar y Guandal, en donde no hay una especie claramente dominante. Así mismo, se logra evidenciar que los ecosistemas estudiados por medio de sus cifras de almacenamiento de carbono hacen un aporte importante a la mitigación y/o adaptación del cambio climático global; por lo que posibilitan la oportunidad de implementación de proyectos que pueden contribuir a la disminución de la deforestación y los cambios de uso del suelo. De este modo, los territorios en los que se desarrolló la investigación podrían recibir beneficios económicos y ambientales por la conservación de los mismos.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación se realizó en el marco del proyecto "Gestión y manejo de ecosistemas estratégicos en el municipio de Bajo Baudó", ejecutado por la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó (CODECHOCO) y el Grupo de Investigación Agroforestería del Trópico Húmedo Chocoano (AGROTROPICO) de la Universidad Tecnológica del Chocó. Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Tecnológica del Chocó por la financiación del segundo autor y a los miembros de las comunidades por su colaboración en el levantamiento de los datos en campo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRAZ-HERNÁNDEZ, C.M., CHAN-KEB, C.A., CHÁVEZ-BARRERA, J., OSTI-SÁENZ, J., EXPÓSITO-DÍAZ, G., ALONSO-CAMPOS, V.A. y RIVERA-ARRIAGA, E., 2020. Reserva de carbón en un ecosistema de manglar al norte de México: cambios ambientales durante 35 años. *Revista Mexicana de Biodiversidad* [en línea], vol. 91, no. 0, pp. 912-910. [Consulta: 4 marzo 2021]. ISSN 2007-8706. DOI 10.22201/ib.20078706e.2020.91.2910. Disponible en: <http://revista.ib.unam.mx/index.php/bio/article/view/2910>.
- ÁLVAREZ, E., DUQUE, A., SILDARRIAGA, J., CABRERA, K., DE LAS SALAS, G., DEL VALLE, I., y RODRÍGUEZ, L., 2012. Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management* [en línea], vol. 267, pp. 297-308. [Consulta: 6 marzo 2021]. ISSN 0378-1127. DOI 10.1016/j.foreco.2011.12.013. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112711007444>.
- ÁLVAREZ, E., JARAMILLO, G.C., COGOLLO, C.C., MARTÍNEZ, H., ROJAS, E. y FERNÁNDEZ, F., 2016. Structure and diversity of the three plant associations in the San Juan river delta, Chocó, Colombia. *Revista Ávore* [en línea]. vol. 40, no. 5, pp. 833-843. [Consulta: 4 marzo 2021]. ISSN: 1806-9088. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000500007>. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/rCkQCJNgprdWYJSM3Qttnrw/?lang=en>
- ARAGÃO, L.E.O.C., MALHI, Y., METCALFE, D.B., SILVA-ESPEJO, J.E., JIMÉNEZ, E., NAVARRETE, D., ...A. y VÁSQUEZ, R., 2009. Above- and below-ground net primary productivity across ten Amazonian forests on contrasting soils. *Biogeosciences* [en línea]. no. 6, pp. 2759-2778. [Consulta: 5 abril 2021]. Disponible en: <https://bg.copernicus.org/articles/6/2759/2009/>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857408001997?via%3DiHub>
- BERNAL, B. y MITSCH, W.J., 2008. A comparison of soil carbon pools and profiles in wetlands in Costa Rica and Ohio. *Ecological Engineering* [en línea], no. 34, pp. 311-323. [Consulta: 12 marzo 2021]. ISSN: 0925-8574. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.09.005>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857408001997?via%3DiHub>
- CLARK, D.A., BROWN, S., KICKLIGHTER, D.W., CHAMBERS, J.Q., THOMLINSON, J.R., NI, J. y HOLLAND, E.A., 2001. Net primary production in tropical forests: An evaluation and synthesis of existing field data. *Ecological Applications* [en línea], no. 11, pp. 371-384. [Consulta: 10 marzo 2021]. ISSN: 1939-5582. Disponible en: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/1051-0761%282001%29011%5B0371%3ANPPITF%5D2.0.CO%3B2>
- CURTIS, J.T. y MCINTOSH, R.P., 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* [en línea]. no. 32, pp. 476-496. [Consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en: http://vmpincel.ou.edu/rice_and_penfound/1931725.pdf



- DE LA PEÑA, A., ROJAS C.A. y DE LA PEÑA, M., 2010. Valoración económica del manglar por el almacenamiento de carbono, Ciénaga Grande de Santa Marta. *Clío América* [en línea]. vol. 4 no. 7, pp. 133-150. [Consulta: 15 marzo 2021]. DOI: <https://doi.org/10.21676/23897848.400>. Disponible en: <https://aquadocs.org/handle/1834/8298>
- DEL VALLE, I., 1996. Los bosques de guandal del delta del Río Patía colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* [en línea]. vol. 20, no. 78, pp. 475-489. [Consulta: 12 marzo 2021]. Disponible en: https://www.accefyn.com/revista/Vol_20/78/475-489.pdf
- DEL VALLE, I., 2000. Consideraciones estructurales de los bosques de guandal del pacífico sur colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* [en línea]. vol. 53 no. 2, pp. 1011-1042. ISSN: 0370-3908. [Consulta: 12 marzo 2021]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24123>
- DUIVENVOORDEN, J.F. 1996. Patterns of tree species in rain forests of the middle Caquetá area, Colombia, NW Amazonia. *Biotropica* [en línea]. vol. 28 no. 2, pp. 142-158. [Consulta: 12 marzo 2021]. ISSN 1744-7429. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2389070>
- FAUSET, S., JOHNSON, M.O., GLOOR, M., BAKER, T.R., MONTEAGUDO M., A., BRIENEN, R.J.W y PHILLIPS, O.L., 2015. Hyperdominance in Amazonian forest carbon cycling. En: Bandiera_abtest: aCc_license_type: cc_byCc_type: Nature Research Journalsnumber: 1Primary_atype: Researchpublisher: Nature Publishing GroupSubject_term: Forestry;Plant physiologySubject_term_id: forestry;plant-physiology, Nature Communications [en línea], vol. 6, no. 1, pp. 68-57. [Consulta: 12 mayo 2021]. ISSN 2041-1723. DOI 10.1038/ncomms7857. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/ncomms7857>.
- FIGUEREDO, L.M., ACOSTA, F. y BLANCO, J., 2017. Composición florística y estructura horizontal del bosque semideciduo micrófilo de la reserva ecológica Siboney-Juticí, Cuba. *Rodriguésia* [en línea]. vol. 68, no. 2, pp. 315-324. [Consulta: 12 mayo 2021]. DOI: <http://doi.org/10.1590/2175-7860201768203>. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rod/a/7gyz6ZXLtRRMp3btcKnPZMd/?lang=es&format=pdf>
- LOZADA, J.R., 1971. Consideraciones metodológicas sobre los estudios de comunidades forestales. *Revista Forestal Venezolana* [en línea]. vol. 54, no. 1, pp. 77-88. [Consulta: 12 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/31647/ensayo2.pdf;jsessionid=D788B39F1D94F7D4EDBA6748D2D87C19?sequence=1>
- GALEANO, G., SUÁREZ, S. y BALSLEV, H., 1998. Vascular plant species count in a wet forest in Chocó area con the Pacific coast of Colombia. *Biodiversidad y Conservación* [en línea]. no. 7, pp. 1563-1575. [Consulta: 12 mayo 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008802624275>
- GALEANO, G., 2001. Estructura, riqueza y composición de plantas leñosas en el golfo de Tribugá, Chocó-Colombia. *Caldasia* [en línea]. vol. 23, no. 11, pp. 2-11. [Consulta: 9 mayo 2021]. ISSN: 0366-5232. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/17667>



- GENTRY, A.H., 1993. *A field guide to the families and genera of woody plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú) with supplementary notes on herbaceous taxa*. London: University of Chicago Press. ISBN-978-1881173014. <https://searchworks.stanford.edu/view/2935992>
- GRAUEL, W.T., 2004. Structure, composition, and dynamics of *Prioria copaifera*-dominated swamp forests in Darien, Panama. In: Ecology and management of wetland forests dominated by *Prioria copaifera* in Darien, Panama. [en línea]. Disponible en: http://etd.fcla.edu/UF/UFE0004366/grauel_w.pdf
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. y RYAN, P.D., 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* [en línea]. vol. 4, no. 1, pp. 9. [Consulta: 12 abril 2021]. Disponible en https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf
- HERRERA, J.A., CAMACHO, A., PECH, E., PECH, M., RAMÍREZ, J. y TEUTLI, C., 2016. Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. *Terra Latinoamericana* [en línea]. vol. 34, no. 1, pp. 61-72. [Consulta: 18 mayo 2021]. ISSN 2395-8030. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000100061
- KAUFFMAN, J.B., DONATO, D.C. y ADAME, M.F., 2013. Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. [en línea]. Bogor, Indonesia: Center For International Forestry Research. Disponible en: https://www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/WP117Kauffman.pdf
- KLINGER, B.W. 2011. Presentación sobre la importancia estratégica del Chocó biogeográfico para América Latina. En: Klinger BW, Ramírez MG, Guerra GJ (eds.). *Aportes al conocimiento de los ecosistemas estratégicos y las especies de interés especial del Chocó biogeográfico. Parte I*. Quibdó: Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP). pp. 158. <http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1071>
- LUYSSAERT, S., INGLIMA, I., JUNG, M., RICHARDSON, A.D., REICHSTEIN, M., PAPALE, D. y JANSSENS, I.A., 2007. CO₂ balance of boreal, temperate, and tropical forests derived from a global database. *Global Change Biology* [en línea], vol. 13, no. 12, pp. 2509-2537. [Consulta: 19 agosto 2021]. ISSN 1365-2486. DOI 10.1111/j.1365-2486.2007.01439.x. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2486.2007.01439.x>
- MALHI, Y., ARAGÃO, L.E.O.C., METCALFE, D.B., PAIVA, R., QUESADA, C.A., ALMEIDA, S. y TEIXEIRA, L.M., 2009. Comprehensive assessment of carbon productivity, allocation and storage in three Amazonian forests. *Global Change Biology* [en línea], vol. 15, no. 5, pp. 1255-1274. [Consulta: 19 agosto 2021]. ISSN 1365-2486. DOI 10.1111/j.1365-2486.2008.01780.x. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2486.2008.01780.x>



- MARÍN-MUÑIZ, J., HERNÁNDEZ, M.E. y MORENO-CASASOLA, P., 2014. Comparing soil carbon sequestration in coastal freshwater wetlands with various geomorphic features and plant communities in Veracruz, México. *Plant and Soil* [en línea]. no. 378, pp. 189-203. [Consulta: 23 mayo 2021]. ISSN: 1573-5036. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-013-2011-7>. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-013-2011-7>
- MENA-MOSQUERA, V.E., C, H.J.A. y TORRES-TORRES, J.J., 2020. Composición florística, estructura y diversidad del bosque pluvial tropical de la subcuenca del río Munguidó, Quibdó, Chocó, Colombia. *Entramado* [en línea], vol. 16, no. 1, pp. 204-215. [Consulta: 19 agosto 2021]. ISSN 2539-0279. DOI 10.18041/1900-3803/entramado.1.6109. Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/6109> .
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B. y KENT, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. En: *Bandiera_abtest: aCg_type: Nature Research Journalsnumber: 6772Primary_atype: Researchpublisher: Nature Publishing Group, Nature* [en línea], vol. 403, no. 6772, pp. 853-858. [Consulta: 19 agosto 2021]. ISSN 1476-4687. DOI 10.1038/35002501. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/35002501>.
- QUINTO, H. y MORENO, F.H., 2014. Diversidad florística arbórea y su relación con el suelo en un bosque pluvial tropical del chocó biogeográfico. *Revista Árvore* [en línea], vol. 38, pp. 1123-1132. [Consulta: 19 agosto 2021]. ISSN 0100-6762, 1806-9088. DOI 10.1590/S0100-67622014000600017. Disponible en: <http://www.scielo.br/j/rarv/a/XZDCWDJgxH6nW8KrC8KnQNC/?lang=es>.
- QUINTO, H. y MORENO, F.H., 2016. Precipitation effects on soil characteristics in tropical rain forests of the Chocó biogeographical region. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* [en línea], vol. 69, no. 1, pp. 7813-7823. [Consulta: 15 marzo 2021]. ISSN 2248-7026, 0304-2847. DOI 10.15446/rfna.v69n1.54749. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/54749>.
- QUINTO, H. y MORENO, F.H., 2017. Net Primary Productivity and Edaphic Fertility in Two Pluvial Tropical Forests in the Chocó Biogeographical Region of Colombia. *PLOS ONE* [en línea], vol. 12, no. 1, pp. e0168211. [Consulta: 19 agosto 2021]. ISSN 1932-6203. DOI 10.1371/journal.pone.0168211. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0168211>.
- TORRES-TORRES, J.J., MENA-MOSQUERA, V.E. y ÁLVAREZ, E., 2016. Composición y diversidad florística de tres bosques húmedos tropicales de edades diferentes, en El Jardín Botánico del Pacífico, municipio de Bahía Solano, Chocó, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical* [en línea], vol. 6, no. 1, pp. 12-21. [Consulta: 19 agosto 2021]. ISSN 2027-8918, 2256-5426. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5377881>.
- TORRES-TORRES, J.J., MENA-MOSQUERA, V.E. y ÁLVAREZ, E., 2017. Carbono aéreo almacenado en tres bosques del Jardín Botánico del Pacífico, Chocó, Colombia. *Entramado* [en línea], vol. 13, no. 1, pp. 200-209. [Consulta: 19 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/2654/265452747015/html/>.



- TORRES-TORRES, J.J., MENA-MOSQUERA, V.E. y Rueda-Sánchez, M.N., 2022. Influencia de la altitud sobre la estructura, composición florística y carbono de bosques del Chocó [en línea], vol. 14, no. 1, pp. e3746. [Consulta: 15 enero 2022]. ISSN 1659-441X. DOI <https://doi.org/10.22458/urj.v14i1.3746>. Disponible en: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/cuadernos/article/view/3746/5178>
- VALDÉS-VELARDE, E., VALDEZ-HERNÁNDEZ, J.I., ORDAZ-CHAPARRO, V.M., GALLARDO-LANCHO, J.F., PÉREZ-NIETO, J., y AYALA-SÁNCHEZ, C. 2011. Evaluación del carbono orgánico en suelos de los manglares de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [en línea]. no. 2, pp. 47-58. [Consulta: 12 mayo 2021]. ISSN: 2007-1132. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322011000600005
- ZANNE, A.E., LÓPEZ, G., COOMES, D.A., LLIC, J., JANSEN, S., LEWIS, S.L., MILLER, R.B., SWENSON, N.G., WEMANN, M.C. y CHAVE, J., 2009. Global wood density database [en línea]. 2009. S.l.: s.n. [Consulta: 12 abril 2021]. Disponible en: <http://datadryad.org/handle/10255/dryad.235>.

Conflictos de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional. Copyright (c) 2022 Víctor Eleazar Mena Mosquera, Jhon Jerley Torres Torres, Juan Carlos Ruiz Asprilla

