

Estimación del carbono acumulado en ecosistemas de manglar de Panamá

Para realizar la estimación de la cantidad de carbono acumulado en los ecosistemas de manglar de Panamá se realizó una consulta bibliográfica donde, a partir de investigaciones e información secundaria, se identificó el contenido máximo de biomasa presente en los ecosistemas homólogos a los manglares panameños. Las fuentes de información consultadas se citan en la Tabla 1:

Tabla 1 Fuentes de información

Fuente	Biomasa total (ton/ha)	Biomasa aérea (ton/ha)	Observaciones	Incertidumbre teórica
Catherine E. Lovelock, Ilka C. Feller, Karen I. McKee, and R. Thompson (2005) Variation in Mangrove Forest Structure and Sediment Characteristics in Bocas del Toro, Panama.	No reporta	194,30	El artículo reporta directamente el valor de biomasa	$\pm 127,3a$ ton/ha
PNUD - MiAMBIENTE. 2017. Resultados finales de la implementación del Protocolo de Medición de Carbono en Manglares de los Distritos de Remedios, San Félix y San Lorenzo. Proyecto Protección de Reservas y Sumideros de Carbono en los Manglares y Áreas Protegidas de Panamá. PNUD, Ciudad del Saber, Panamá. 25p	698,13	160,57	El artículo reporta que el 23% del total, es aéreo. Se empleo este factor para realizar el calculo	El error de muestreo total fue de 14%, con un intervalo de confianza al 95% para los datos presentados. La cobertura de manglar que corresponde a los tres distritos del área de estudio presenta un valor total de 4,588,744.45 ± 262.68 toneladas de carbono (tC) almacenado en un área total de 14,604.27 ha de cobertura de manglar.
Héctor M. Guzmán, Penelope A. G. Barnes, Catherine E. Lovelock, and Ilka C. Feller (2005) A Site Description of the CARICOMP Mangrove, Seagrass and Coral Reef Sites in Bocas del Toro, Panama	95,7	78,38	El art reporta 9.57 kg m ² en 1962. Se tomó el valor superior	19,1 ton/ha

Jessica Gross & Eric E. Flores & Luitgard Schwendenmann (2013) Stand Structure and Aboveground Biomass of a <i>Pelliciera rhizophorae</i> Mangrove Forest, Gulf of Montitjo Ramsar Site, Pacific Coast, Panama (Citando el estudio La Palma, Darien, Panamá Este (1969))	279	228,50	Sin observación	No proporcionan una incertidumbre para la estimación de la biomasa del estudio citado
--	-----	--------	-----------------	---

A partir de la información consultada, se determinó que el promedio de datos homólogos de la biomasa aérea para Panamá es **165,44** ton/ha.

Para mejorar la estimación respecto a un factor fijo en el tiempo, como lo recomienda el Nivel 1 de las directrices del IPCC 2006, su actualización del año 2019 y el Suplemento de humedales del 2013, y reconociendo el componente acumulativo de biomasa de los ecosistemas de manglar de acuerdo a un comportamiento logístico, se utilizó el modelo *“The Chapman-Richards Generalization of Von Bertalanffy’s Growth Model for Basal Area Growth and Yield in Even-Aged Stands”* documentado por Pienaar, L.V., K.J. Turnbull (1973) en la revista Forest Science, donde las toneladas de carbono contenidas en la biomasa aérea se calculan a partir de una función de crecimiento biológico sigmoideo que calcula la tasa de crecimiento de un bosque, siguiendo la siguiente ecuación:

$$CBA = MAX * [1 - EXP(-k * a)]^{1/(1-m)}$$

Donde:

CBA es el carbono contenido en la biomasa aérea (tC/ha)

MAX es la asíntota de la curva que indica el máximo de biomasa

EXP es la función exponencial de la curva

k y *m* son parámetros adimensionales de crecimiento

a es el número de años

Los parámetros que se tomaron como referencia para el ajuste del modelo al contexto de Panamá y que se encuentran en el archivo Excel adjunto (*m*, *k*) son citados del artículo *“Assessment of mangrove ecosystems in Colombia and their potential for emissions reductions and restoration”* realizado por Winrock International, en cabeza de : Bernal B., G. Sidman, T. Pearson (2017), en el cual se documenta las estimaciones de carbono en ecosistemas de manglar colombiano; estos manglares tienen características biofísicas homologables con los ecosistemas de manglar de Panamá. El procedimiento para la estimación de carbono acumulado en los manglares de Panamá tuvo como referencia el estudio de Winrock International (2017, citado en el párrafo anterior), el cual se describe de la siguiente manera:

1. Se realizó la proyección de la curva de Chapman y Richards, donde se estimó el incremento anual sobre dicha curva y se promedió dicho crecimiento por 20 años para obtener un nuevo

valor de factor de emisión específico para el país, ajustado al comportamiento del crecimiento logístico con referencia en la máxima captura en los reportes de ecosistemas de manglar homologables a las condiciones biofísicas de Panamá.

2. Para obtener el carbono contenido en la biomasa subterránea se usaron tres métodos de cálculo para establecer el mejor para Panamá:

Fuente	Promedio de valores máximos teóricos de biomasa aérea (ton/ha)	Factor de absorción de carbono en biomasa aérea (tonC/ha/año)	Ecuación/Metodología	Promedio de valores máximos teóricos de biomasa subterránea (ton/ha)	Factor de absorción de carbono en biomasa Subterránea (tonC/ha/año)
Mokany, K., R.J. Raison, A.S. Prokushkin (2006), en el estudio "Critical analysis of root:shoot ratios in terrestrial biomes" publicado por Global Change Biology 12: 84-96	165,44	4,37	$CBS = 0,489 * CBA^{0,89}$	46,12	1,82
Tabla 4.4, Capítulo 4 Tierras Forestales de las Directrices IPCC (Actualización 2019)	165,44	4,37	Relación R entre biomasa aérea y subterránea para Bosques Tropicales de Norte y Suramérica: 0,221	36,56	0,97
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM (2019) Propuesta de Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales por deforestación en Colombia para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC	165,44	4,37	$BS = \exp^{-1,085 + (0,9256 \ln BA)}$	38,23	1,32
PNUD - MiAMBIENTE. 2017. Resultados finales de la implementación del Protocolo de Medición de Carbono en Manglares de los Distritos de Remedios, San Félix y San Lorenzo. Proyecto Protección de Reservas y Sumideros de Carbono en los	165,44	4,37	El porcentaje de acumulación de carbono en el componente bajo el suelo es de 77%, evidenciando mayor acumulación de carbono bajo el suelo de los manglares con respecto a los componentes aéreos (23 %), siendo este 3	553,86	14,62

Manglares y Áreas Protegidas de Panamá. PNUD, Ciudad del Saber, Panamá. 25p			veces más que en los componentes aéreos.		
--	--	--	---	--	--

A partir de lo anterior, se determinó que el valor más discreto para establecer la captura de carbono en biomasa subterránea es el basado en las Directrices del IPCC (actualización del 2019).

3. La suma del carbono contenido en la biomasa aérea y subterránea equivalen al total del carbono capturado por hectárea de la actividad. Si se desea obtener el tCO₂e se debe multiplicar ese valor por el área del escenario y por el factor de conversión 44/12.

Teniendo en cuenta la metodología anteriormente descrita, se concluye que el factor de absorción de carbono en biomasa aérea en los manglares de Panamá es **4.37 tonC/ha/año**.