



DOI: 10.29298/rmcf.v16i89.1529

Artículo de Investigación

Composición y almacenamiento de carbono en palmas del *Hotspot* Andino-Amazónico, bosque piemontano ecuatoriano

Carbon composition and storage in palms of the Andean-Amazonian hotspot, Ecuadorian piedmont forest

Héctor Reyes-Morán^{1,2*}, Bolier Torres-Navarrete^{2,3}, Cristhian Tipán-Torres^{4,3}, Erika Zambrano-Alcívar⁵, Carlos Bravo-Medina², Antón García-Martínez¹

Fecha de recepción/Reception date: 13 de noviembre de 2024.

Fecha de aceptación/Acceptance date: 31 de marzo de 2025.

¹Universidad de Córdoba. Programa de Doctorado en Recursos Naturales y Gestión Sostenible. España.

²Universidad Estatal Amazónica (UEA). Ecuador.

³Ochroma Consulting & Services. Ecuador.

⁴Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia. Ecuador.

⁵Conservación Internacional (CI). Ecuador.

*Autor para correspondencia; correo-e: hreyes.hr85@gmail.com

*Corresponding author; e-mail: hreyes.hr85@gmail.com

Resumen

En el contexto del cambio climático, las palmas de los bosques de Ecuador son cruciales, tanto para la biodiversidad como para las comunidades locales que dependen de ellas para obtener alimentos y materiales de construcción. En este estudio se analiza la diversidad de palmas, su capacidad de almacenamiento de carbono en un bosque amazónico ecuatoriano, y se resalta su importancia socioeconómica. Se utilizó una metodología de medición alométrica adaptada a las condiciones locales, se determinó la biomasa y el carbono almacenado. Las mediciones de diámetro a la altura del pecho y la altura total revelaron que *Iriartea deltoidea* y *Oenocarpus bataua* son las especies con las mayores tasas de captura de carbono, especialmente en zonas de baja altitud. Se observó una disminución notable en la capacidad de almacenamiento de carbono al aumentar la altitud, con promedios de 11.20 Mg ha⁻¹ en la zona de 600 a 701 msnm, y de 3.11 Mg ha⁻¹ en el intervalo de 901 a 1 000 msnm. Además de su relevancia para la mitigación del cambio climático, estas especies son fundamentales para las comunidades locales, ya que les proveen alimentos, materiales de construcción y productos artesanales. Se subraya la necesidad de desarrollar estrategias de conservación enfocadas en áreas de baja altitud con alta densidad de palmas y promover el uso sostenible de sus recursos derivados para beneficios económicos locales. Destaca la urgencia de implementar modelos alométricos más precisos que

mejoren las estimaciones de biomasa y carbono almacenado, para fortalecer su integración en políticas de conservación global.

Palabras clave: Almacenamiento de carbono, Amazonía Ecuatoriana, Arecaceae, conservación, gradiente altitudinal, *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav.

Abstract

Within the context of climate change, Ecuador's forest palms are crucial both for biodiversity and for the local communities that depend on them for food and building materials. This study analyzes the diversity of palms and their carbon storage capacity in an Ecuadorian Amazon forest, and highlights their socioeconomic importance. An allometric measurement methodology adapted to local conditions was used to determine biomass and carbon stocks. The diameter at breast height and total height revealed that *Iriartea deltoidea* and *Oenocarpus bataua* are the species with the highest carbon sequestration rates, especially in low altitude areas. A notable decrease in carbon storage capacity was observed with increasing altitude, with averages of 11.20 Mg ha⁻¹ in the area at 600 to 701 masl, and 3.11 Mg ha⁻¹ within an altitude interval of 901 to 1 000 masl. In addition to their relevance for climate change mitigation, these species are essential for local communities, providing them with food, building materials, and materials for handicraft products. There is a considerable need to develop conservation strategies focused on low altitude areas with high palm density and promote the sustainable use of their derived resources for local economic benefits. Also, it is urgent to implement more accurate allometric models to improve biomass and carbon stock estimates in order to reinforce their integration into global conservation policies.

Key words: Carbon storage, Ecuadorian Amazon, Arecaceae, conservation, altitudinal gradient, *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav.

Introducción

Los bosques tropicales amazónicos son sumideros cruciales de carbono que contribuyen a mitigar el cambio climático (Malhi & Grace, 2000; Phillips et al., 1998). Dentro de estos ecosistemas, el *Hotspot* Andino-Amazónico destaca por su biodiversidad y su papel en los ciclos de carbono. Ecuador es uno de los 17 países megadiversos (Bravo, 2014), alberga aproximadamente 17 000 especies de plantas superiores, incluidas 4 000 endémicas (Neill, 2012). Sin embargo, la expansión agrícola y otras actividades humanas han reducido drásticamente la cobertura forestal en la región (Balslev et al., 2015).

La familia Arecaceae (palmas) tiene un rol fundamental en estos ecosistemas debido a su abundancia, diversidad y capacidad para almacenar carbono (Kristiansen et al., 2009). Especies como *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav. y *Oenocarpus bataua* Mart. destacan por su gran cantidad de biomasa que llegan a acumular en zonas de

gradiente altitudinal (Balslev et al., 2017; Goodman et al., 2013). Sin embargo, su contribución ha sido subestimada por algunas de sus características morfológicas particulares (Goodman et al., 2013).

La diversidad de palmas varía con la altitud, tipo de suelo y precipitación (Alvez-Valles et al., 2018). Esto sugiere que los gradientes altitudinales, presentes en el *Hotspot* Andino-Amazónico, tienen una influencia determinante en la estructura de las comunidades de palmas, ya que condicionan su distribución y composición (Balslev et al., 2015).

Las especies de palmas son cruciales no solo para la mitigación del cambio climático (Miranda et al., 2025), sino también para las comunidades locales, al proveer recursos esenciales como alimentos y diversos materiales (Zambrano et al., 2021). Dado su valor ecológico y económico, es imprescindible estudiar cómo los gradientes altitudinales afectan su estructura y biomasa (Torres et al., 2020). Los objetivos del presente estudio buscan: (A) Evaluar la diversidad y riqueza de la familia Arecaceae en un gradiente altitudinal del bosque siempreverde piemontano que forma parte del *Hotspot* Andino-Amazónico; y (B) Cuantificar la reserva de carbono en la biomasa aérea y en el suelo.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en los bosques andino-amazónicos de la provincia de Napo, Ecuador en colaboración con el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA), ubicado en la provincia de Pastaza, Cantón Carlos Julio Arosemena Tola, en el kilómetro 44 de la vía Puyo-Tena (Figura 1).

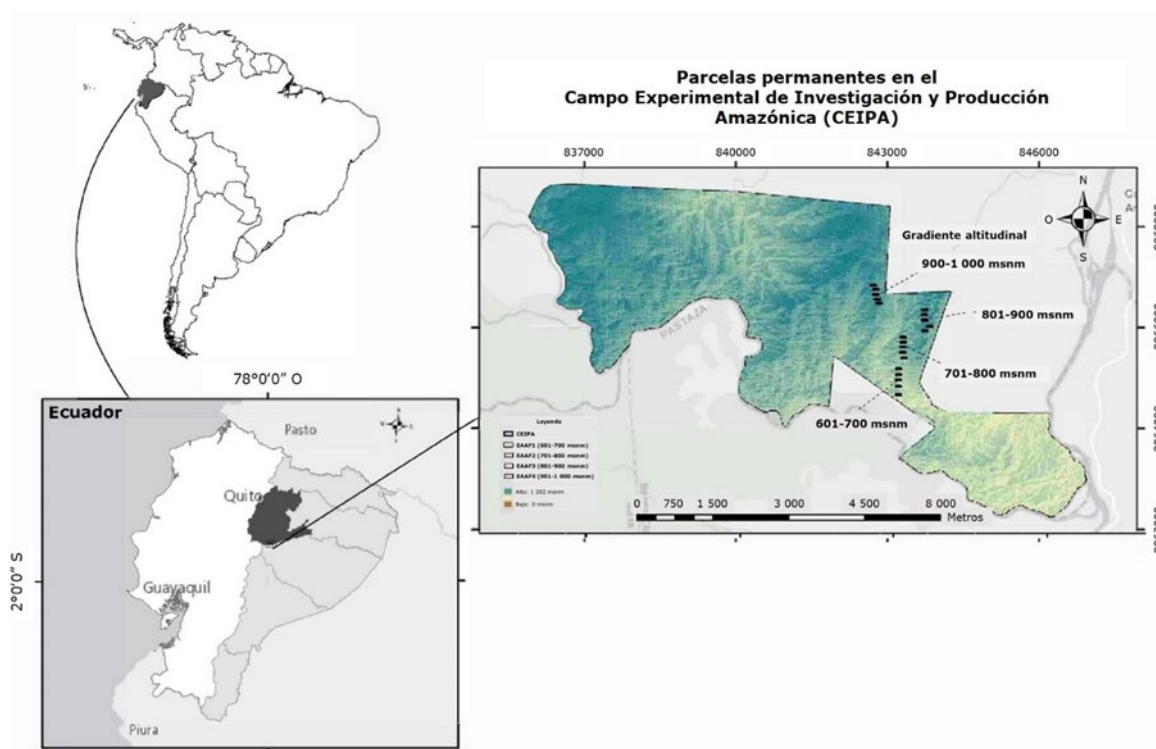


Figura 1. Mapa de ubicación de las parcelas en estudio.

El área de estudio se localiza en una región montañosa dominada por crestas altas y colinas compuestas de rocas volcánicas y sedimentarias de origen reciente (Galeas & Guevara, 2012). Las condiciones bioclimáticas predominantes varían entre húmedo pluvial e hiperhúmedo (Galeas & Guevara, 2012). La altitud del área varía desde 580 hasta 1 120 m; la temperatura media anual es de 23 °C, precipitación anual de 4 119 mm y una humedad relativa de 77 % (Galeas & Guevara, 2012).

Para el establecimiento de las 20 parcelas permanentes (PP), se realizó un reconocimiento preliminar del área mediante ortofotos obtenidas de la base de datos del Instituto Geográfico Militar (IGM) del Ecuador, imágenes satelitales proporcionadas por la plataforma *Copernicus Sentinel-2*, y bases cartográficas del Sistema de Información Geográfica del Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador

(Galeas & Guevara, 2012). Las parcelas se establecieron en cuatro altitudes del Bosque Andino-Amazónico Perennifolio (EAAF), con pendientes que variaron entre 3 y 12 % y el ángulo de pendiente fue de 3 a 30 % (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de palmas y especies en cuatro gradientes altitudinales a pequeña escala.

Código	Altura (msnm)	Área de muestreo (m)	Coordenadas	Número de especies	Individuos ha ⁻¹
EAAF1	601-700	100×10	S 1.223822° O 77.917784°	6	275
EAAF2	701-800	100×10	S 1.212358° O 77.916004°	5	297
EAAF3	801-900	100×10	S 1.211196° O 77.912133°	8	364
EAAF4	901-1 000	100×10	S 1.206227° O 77.920118°	8	980

EAAF = Bosque Andino-Amazónico Perennifolio.

Protocolo de muestreo

Se instalaron transectos permanentes, generalmente utilizados en el muestreo exploratorio rápido, denominados muestreo tipo *Gentry* (Gentry, 1982; Montufar & Pintaud, 2006), modificando las parcelas originales de 500×2 m a parcelas de 100×10 m (Figura 2), es decir de 0.1 ha⁻¹ (García-Cox et al., 2023). De esta manera, en cada parcela se registró el número de individuos de las especies de la familia Arecaceae, los cuales se marcaron, colectaron, herborizaron y depositaron en el Herbario ECUAMZ–Ecuador Amazónico. La identificación taxonómica se realizó con el apoyo de

claves, catálogos ilustrados y recursos digitales, como *Tropicos* (Bravo, 2014) y *The Plant List* (Neill, 2012), para asegurar la precisión en la nomenclatura (Cazzolla et al., 2022; Gentry, 1982; Ter Steege, 1998).

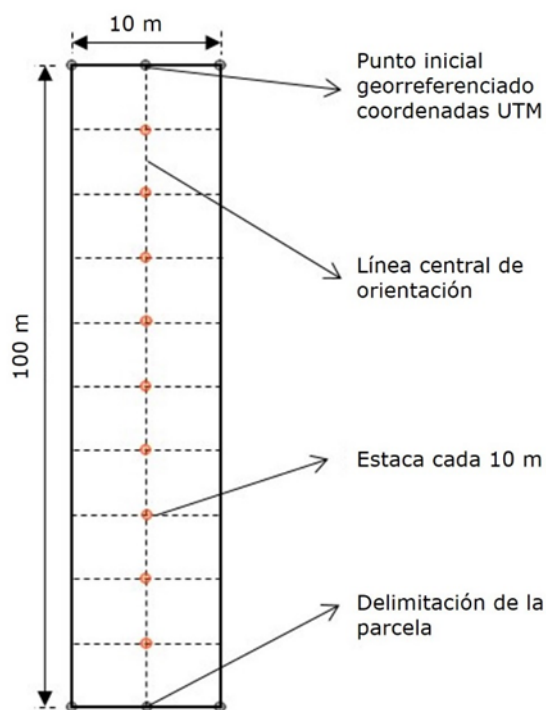


Figura 2. Esquema de los transectos permanentes implementados para el inventario, cálculos de diversidad y carbono en el gradiente.

Se midieron altura (m) y el diámetro a la altura del pecho, es decir, a 1.3 m del suelo (*DAP*, cm), de los individuos, mediante un hipsómetro *Haglöf*® Vertex IV y un calibrador *Haglöf*® Mantax Blue. Se hicieron mediciones diferenciadas para aquellos individuos con un $DAP \geq 10$ cm y para los menores de ese tamaño.

Determinación de la composición florística y carbono

Se estimó la riqueza de especies (S), Índice de diversidad de *Shannon-Wiener* (H'), el Índice de *Simpson* (λ) e índices de equidad de *Pielou* (J') y de dominancia de *Simpson* (EL) (Cuadro 2) (Jost & González-Oreja, 2012). El peso ecológico de las especies se determinó mediante el Índice de Valor de Importancia Ecológica (Medrano *et al.*, 2017).

Cuadro 2. Parámetros ecológicos e Índice de Valor de Importancia evaluados.

Parámetros	Ecuaciones	Referencias	
Índice de <i>Shannon-Wiener</i> (H')	$H' = -\sum (pi \times \frac{\log pi}{\log^2})$	García-Cox <i>et al.</i> (2023)	(1)
Índice de <i>Margalef</i> (D)	$D = \frac{S - 1}{\ln N}$	García-Cox <i>et al.</i> (2023)	(2)
Índice de <i>Simpson</i> (λ)	$\lambda = \sum (Pi)^2$	Aryal <i>et al.</i> (2019)	(3)
Índice de <i>Pielou</i> (J')	$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$	Medrano <i>et al.</i> (2017)	(4)
Abundancia relativa (Ar)	$Ar = (\frac{n_i}{N}) \times 100$	García-Cox <i>et al.</i> (2023)	(5)
Dominancia relativa (Dr)	$Dr = (\frac{g_i}{G}) \times 100$	García-Cox <i>et al.</i> (2023)	(6)
Área basal (G)	$G = \sum_{i=1}^N g_i$	García-Cox <i>et al.</i> (2023)	(7)
Frecuencia relativa (Fr)	$Fr = (\frac{m_i}{M}) \times 100$	García-Cox <i>et al.</i> (2023)	(8)
Índice de Valor de Importancia (IVI)	$IVI = \frac{Ar + Dr + Fr}{3}$	García-Cox <i>et al.</i> (2023)	(9)

pi = Proporción de individuos de la especie i ; S = Número de especies; $\log$ = Logaritmo, ni = Número de individuos de la i -ésima especie; Pi = Abundancia proporcional del número de individuos de cada especie (ni) entre el número total de individuos (N); N = Número total de individuos en el i -ésimo gradiente; g_i = Área

basal de cada árbol individual; m_i = Número de elementos que pertenecen a la categoría; M = Número total de elementos o individuos en el conjunto de datos o muestra total.

Muestreo de suelos

En cada parcela se recolectaron cinco submuestras de suelo a dos profundidades (0-10 y 10-30 cm), que posteriormente se homogeneizaron para obtener una muestra de suelo representativa para cada profundidad de suelo (Bravo-Medina et al., 2021). Para este estudio, el carbono total almacenado (CTA) resultó de la suma de los siguientes componentes: carbono aéreo (CA), carbono subterráneo de la raíz (CSR), carbono de la biomasa de la hojarasca (CBH) y carbono orgánico del suelo (COS) (López-Santiago et al., 2019). Sin embargo, esa Ecuación (10) puede estar formada por más o menos componentes según el criterio y el interés de los investigadores (Dantas et al., 2021; Pradhan et al., 2012).

$$CTA (Mg\ C\ ha^{-1}) = CA + CSR + CBH + COS \quad (10)$$

Donde:

CTA = Carbono total almacenado en $Mg\ C\ ha^{-1}$; y el $Mg\ CO_2\ ha^{-1}$ es resultado del producto entre el $Mg\ C\ ha^{-1}$ y 3.67 que corresponde al peso molecular del CO_2

Para estimar el carbono almacenado en las palmas a lo largo del gradiente altitudinal, se utilizó la ecuación alométrica propuesta por Chave *et al.* (2005), adaptada para incluir todas las palmas con un diámetro a la altura del pecho $DAP \geq 10$ cm. La Ecuación 11 se basa en la densidad de la madera (ρ , en g cm^3) y el DAP (en cm), y se expresa como sigue:

$$BSS = (\rho \times \exp(-1.499 + (2.148 \times \ln(DAP)))) + (0.207 \times \ln(DAP)^2) - (0.0281 \times \ln(DAP)^3) \times 0.001 \quad (11)$$

Donde:

BSS = Biomasa sobre el suelo por palma en Megagramos (Mg)

ρ = Peso específico de las especies en g cm^3

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm) para individuos con $DAP \geq 10$ cm

Los valores de biomasa sobre el suelo (BSS) se extrapolaron por hectárea para estimar la biomasa aérea total en Megagramos por hectárea. Para especies sin datos específicos (Chave *et al.*, 2009) de densidad de la madera, se utilizó el promedio de 0.632 g cm^3 de la base de datos de Montufar y Pintaud (2006).

En este estudio se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura para comprender los usos tradicionales y el valor socioeconómico de las palmas amazónicas (Borchsenius & Moraes, 2006). Proceso que se incorporó con el objetivo de proporcionar un contexto más completo sobre la importancia de las palmas, se abarcó tanto perspectivas ecológicas como socioeconómicas (De la Torre *et al.*, 2008). Esta aproximación integradora permitió elaborar un panorama amplio de como las palmas contribuyen al bienestar de las comunidades locales como a la conservación global (Miranda *et al.*, 2025); con ello se asegura que la discusión sobre su conservación contemple aspectos biológicos y socioculturales.

Análisis estadístico

El análisis de los datos incluyó dos enfoques principales: (1) Caracterización de la composición florística a lo largo de un gradiente altitudinal, evaluando la diversidad mediante el Índice de *Shannon-Wiener* y el número efectivo de especies (Alvez-Valles et al., 2018; Balslev et al., 2015); y (2) Estimación del aporte de las especies de *Arecaceae* para almacenar carbono. Se verificaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad con las pruebas de *Kolmogorov-Smirnov* y *Bartlett* (Berlanga & Rubio, 2012) ($p < 0.001$), lo que permitió aplicar análisis de varianza (ANOVA). Para las variables que no cumplían con los supuestos de normalidad, se empleó la prueba no paramétrica de *Kruskal-Wallis* como alternativa (Berlanga & Rubio, 2012).

El ANOVA comparó los índices de diversidad y densidad de palmas a lo largo del gradiente, utilizando letras superíndices para diferencias significativas entre categorías. Los análisis se realizaron en *RStudio* (versión 3.6.0) (de Lima et al., 2023), mediante los paquetes *BiodiversityR* versión 2.16-1 y *Vegan* versión 2.6-10 para el calcular y analizar los índices de diversidad (Fernandez, 2019).

Resultados y Discusión

Diversidad y riqueza en el gradiente altitudinal

Se registraron 1 916 individuos, distribuidos en 11 especies de palmas. La mayor diversidad se registró entre los 801 y los 1 000 msnm, mientras que entre 701 y 800

msnm se obtuvieron los menores valores (Cuadro 3). Este patrón sugiere que condiciones climáticas de humedad y temperaturas moderadas favorecen la diversidad, resultados que concuerdan con otros estudios previos sobre el particular (Alvez-Valles *et al.*, 2018; Balslev *et al.*, 2017).

Cuadro 3. Promedios $\pm$ desviación estándar, índices de Riqueza, *Shannon*, *Simpson*, *Margalef*, *Pielou* y Densidad de la familia Arecaceae.

Índices	Todos	601-700 msnm	701-800 msnm	801-900 msnm	901-1 000 msnm	Valor $p^{\dagger}$
Riqueza	4.65 ± 1.03	3.80 ^a ± 0.45	3.80 ^a ± 0.45	5.40 ^b ± 0.54	5.60 ^b ± 0.89	***
<i>Shannon</i>	1.03 ± 0.29	0.91 ^a ± 0.21	0.82 ^a ± 0.24	1.00 ^a ± 0.23	1.38 ^b ± 0.15	**
<i>Simpson</i>	0.51 ± 0.15	0.48 ^a ± 0.12	0.43 ^a ± 0.14	0.47 ^a ± 0.13	0.68 ^b ± 0.04	**
<i>Margalef</i>	1.33 ± 0.38	1.03 ^a ± 0.16	1.03 ^a ± 0.20	1.56 ^b ± 0.20	1.69 ^b ± 0.36	***
<i>Pielou</i>	0.67 ± 0.14	0.68 ^a ± 0.11	0.61 ^a ± 0.15	0.60 ^a ± 0.14	0.80 ^b ± 0.03	*
Densidad (palmas ha ⁻¹)	95.80 ± 73.20	55.00 ^a ± 36.84	59.40 ^a ± 48.68	72.80 ^a ± 33.43	196.00 ^b ± 60.49	***

[†]ANOVA. Valor p : * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$; n. s. = No significativo entre grupos. Las letras diferentes representan diferencias significativas entre las medias de las diferentes altitudes ($p < 0.05$).

En altitudes de 801 a 900 y 901 a 1 000 msnm, los índices de *Margalef* y *Shannon* alcanzaron sus valores más altos, que indican comunidades diversas y equilibradas (Alvez-Valles *et al.*, 2018). El Índice de *Pielou* reflejó una alta equidad en estas zonas, lo cual sugiere un ecosistema equilibrado y resiliente, en el que las especies están uniformemente distribuidas y desempeñan roles importantes en la funcionalidad del bosque (Pintaud *et al.*, 2008).

La densidad de palmas fue mayor entre los 901 y los 1 000 msnm (196 palmas ha⁻¹). Destaca su capacidad para prosperar en condiciones ambientales estables y su papel crucial en el almacenamiento de carbono (Torres et al., 2020). Especies dominantes como *Iriartea deltoidea* y *Oenocarpus bataua* contribuyen significativamente al secuestro de carbono y a la sostenibilidad ecológica del bosque amazónico (Goodman et al., 2013). Estos hallazgos subrayan la importancia de proteger áreas críticas en altitudes superiores para conservar la biodiversidad y optimizar el almacenamiento de carbono en la Amazonía Ecuatoriana (Balslev et al., 2017; Malhi & Grace, 2000).

Abundancia y Valor de Importancia ecológica (IVI)

El análisis del Índice de Valor de Importancia (IVI) destaca a *Iriartea deltoidea* como especie dominante a lo largo del gradiente altitudinal estudiado, con altos valores en abundancia, frecuencia y dominancia relativas, con valores de 39.25 entre los 600 a 700 msnm y 56.03 de los 801 a 900 msnm (Cuadro 4). Ese patrón refleja la capacidad de adaptarse a diversas condiciones microambientales y su importancia en la estructura de los bosques tropicales húmedos (Balslev et al., 2017). En altitudes que varían de 901 a 1 000 m destaca *Oenocarpus bataua*, con un valor de IVI de 30.14, debido a su alta abundancia relativa (43.06 %) y su contribución significativa a la biomasa forestal (Goodman et al., 2013).

Cuadro 4. Índice de Valor de Importancia de especies de la familia Arecaceae.

Especie	AR (%)	FR (%)	DR (%)	IVI
---------	--------	--------	--------	-----

EAAF1 (601-700 msnm)				
<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	21.45	69.98	26.32	39.25
<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	51.27	5.38	15.79	24.15
<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	10.55	21.71	21.05	17.77
<i>Geonoma macrostachys</i> Mart.	15.64	0.00	26.32	13.98
<i>Ceroxylon amazonicum</i> Galeano	0.73	2.21	5.26	2.73
<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	0.36	0.72	5.26	2.12
EAAF2 (701-800 msnm)				
<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	45.12	93.87	26.32	55.10
<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	39.39	6.13	21.05	22.19
<i>Geonoma macrostachys</i> Mart.	11.45	0.00	26.32	12.59
<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	3.70	0.00	21.05	8.25
<i>Phytelephas tenuicaulis</i> (Barfod) A. J. Hend.	0.34	0.00	5.26	1.87
EAAF3 (801-900 msnm)				
<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	56.87	92.71	18.52	56.03
<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	18.68	1.20	18.52	12.80
<i>Geonoma macrostachys</i> Mart.	15.66	0.00	18.52	11.39
<i>Phytelephas tenuicaulis</i> (Barfod) A. J. Hend.	5.77	0.00	14.81	6.86
<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	1.37	0.00	11.11	4.16
<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	0.82	3.86	7.41	4.03
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	0.55	2.23	7.41	3.39
<i>Aiphanes ulei</i> (Dammer) Burret	0.27	0.00	3.70	1.33
EAAF4 (901-1 000 msnm)				
<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	38.98	61.94	17.86	39.59
<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	43.06	29.52	17.86	30.14
<i>Geonoma macrostachys</i> Mart.	9.59	0.00	17.86	9.15
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	1.12	7.03	14.29	7.48
<i>Aiphanes ulei</i> (Dammer) Burret	1.12	0.00	14.29	5.14
<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	5.61	1.51	7.14	4.76
<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	0.31	0.00	7.14	2.48
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	0.20	0.00	3.57	1.26

AR = Abundancia relativa; *FR* = Frecuencia relativa; *DR* = Densidad relativa; *IVI* = Índice de Valor de Importancia; EAAF = Bosque Andino-Amazónico Perennifolio.

Especies como *Geonoma macrostachys* Mart. y *Wettinia maynensis* Spruce mostraron una mayor variabilidad en su contribución, fueron más abundantes en altitudes intermedias, pero con menor frecuencia relativa en comparación con *Iriartea deltoidea*. Esta distribución más dispersa, refuerza la resiliencia del ecosistema mediante una alta diversidad funcional (Alvez-Valles et al., 2018). Los resultados enfatizan el papel esencial de las palmas en el ciclo del carbono y la importancia de las políticas de conservación para preservar las especies dominantes y su capacidad de almacenamiento en los ecosistemas tropicales (Balslev et al., 2017; Keeling & Phillips, 2007; Montufar & Pintaud, 2006).

Reservas de carbono en el gradiente altitudinal

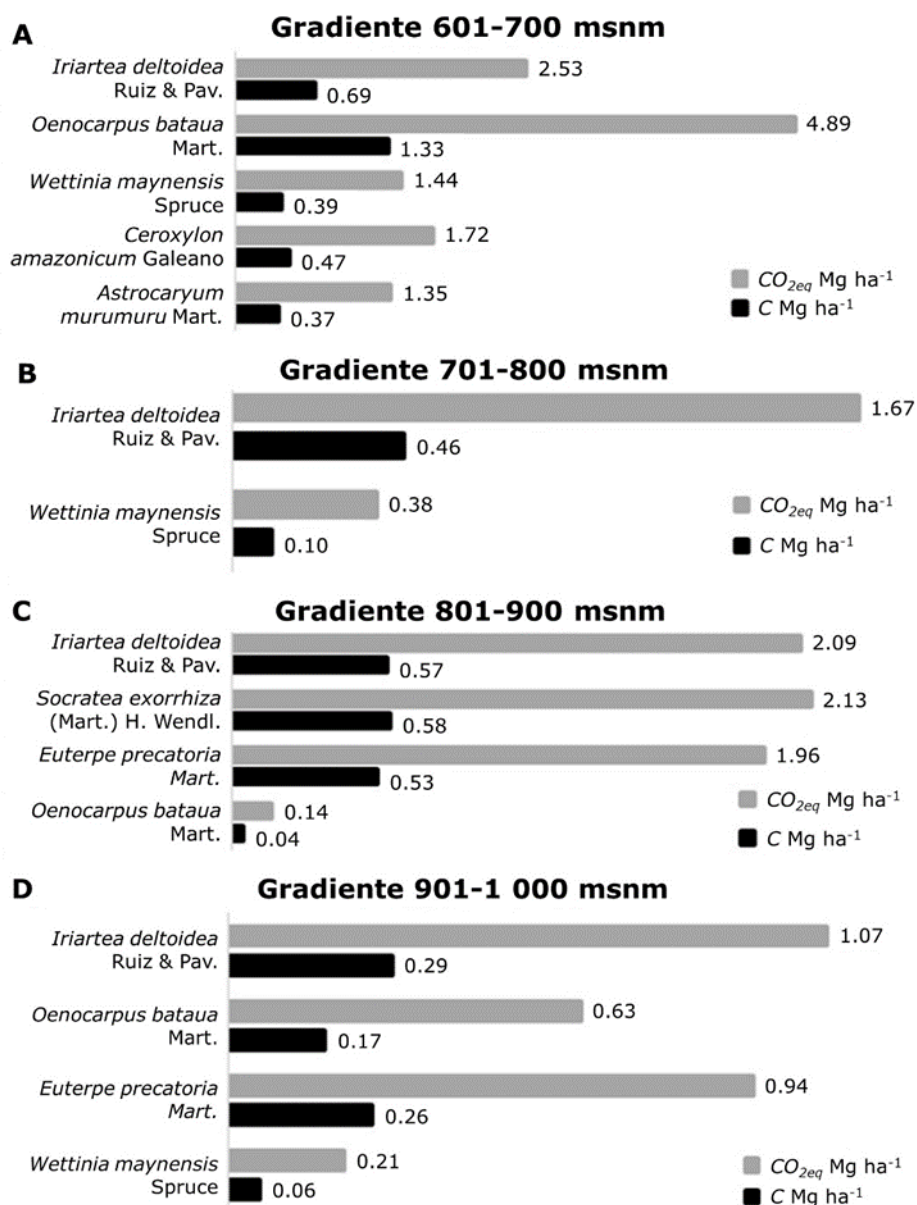
El carbono en palmas es mayor en el piso de 601-700 msnm (11.20 Mg ha^{-1} , $p < 0.05$), disminuye en altitudes intermedias de 701-800 msnm (6.26 Mg ha^{-1}) y en cotas superiores es aún más bajo: 801-900 msnm (7.80 Mg ha^{-1}) y de 901 a 1 000 msnm (3.11 Mg ha^{-1}) (Cuadro 5). Estos resultados destacan la relevancia de las zonas bajas en el secuestro de carbono y refuerzan el papel clave de las palmas en los ciclos de carbono en los bosques estudiados (Balslev et al., 2015; Dauber et al., 2000).

Cuadro 5. Promedios $\pm$ desviación estándar de las variables estimadas.

Variables (Mg ha⁻¹)	Todos	(601-700 msnm)	(701-800 msnm)	(801-900 msnm)	(901-1 000 msnm)	Valor <i>p</i>[†]
<i>Carbono_{palmas}</i>	7.10 ±4.98	11.20 ^b ±6.14	6.26 ^{a,b} ±5.09	7.80 ^{a,b} ±3.16	3.11 ^a ±1.36	*
<i>CO_{2eq}_palmas</i>	26.03 ±18.27	41.14 ^b ±22.52	22.97 ^{a,b} ±18.65	28.58 ^{a,b} ±11.58	11.42 ^a ±4.97	*
<i>Carbono_{suelo}</i>	29.69 ±7.33	25.82 ±1.76	31.02 ±10.52	31.63 ±10.48	30.29 ±2.43	n. s.
<i>CO_{2eq}_suelo</i>	108.96 ±26.92	94.75 ±6.45	113.83 ±38.62	116.08 ±38.46	111.17 ±8.92	n. s.
<i>Carbono_{total}</i>	36.79 ±9.02	37.04 ±6.30	37.28 ±15.27	39.43 ±9.04	33.40 ±2.96	n. s.
<i>CO_{2eq}_total</i>	134.98 ±33.10	135.89 ±23.10	136.80 ±56.04	146.67 ±33.17	122.58 ±10.86	n. s.

Carbono_{palmas} = Carbono en palmas; *CO_{2eq}_palmas* = Dióxido de carbono equivalente en palmas; *Carbono_{suelo}* = Carbono en suelo; *CO_{2eq}_suelo* = Dióxido de carbono equivalente en suelo; *Carbono_{total}* = Carbono total; *CO_{2eq}_total* = Dióxido de carbono equivalente total. [†]ANOVA. Valor *p*: * = *p*<0.05; n. s. = No significativo entre los grupos. Las letras diferentes representan diferencias significativas entre las medias de las distintas altitudes (*p*<0.05).

Iriarte deltoidea y *Oenocarpus bataua* representan 65 % de las palmas registradas, sobresalen por su alta biomasa y contribución al almacenamiento de carbono, ya que acumulan entre 3.11 y 11.20 Mg ha⁻¹ de carbono aéreo a lo largo del gradiente altitudinal evaluado (Figura 3; Cuadro 4), lo que refleja su predominancia en las zonas bajas y medias. Estas observaciones son consistentes con estudios previos en la Amazonía Ecuatoriana (García-Quintana *et al.*, 2021), en los que se ha demostrado que las palmas, a pesar de ser menos estudiadas que las especies maderables, contribuyen sustancialmente al almacenamiento de carbono en los bosques tropicales (Torres *et al.*, 2020).



Gradiente (msnm): A = 601 a 700; B = 701 a 800; C = 801 a 900; D = 901 a 1 000.

Figura 3. Contribución de las especies de palmas al reservorio de carbono en un gradiente altitudinal.

El carbono almacenado en el suelo mostró mayor estabilidad a lo largo del gradiente (25.82-31.63 Mg ha⁻¹, $p>0.05$), lo que equilibró las reservas totales del ecosistema. El carbono total (suma de carbono en palmas y suelo) presentó una variación limitada (33.40-39.43 Mg ha⁻¹). Esto indica que, aunque las palmas contribuyen significativamente al carbono aéreo, el suelo desempeña un rol clave en el balance global de carbono en los bosques estudiados (Bravo-Medina *et al.*, 2021).

CO_{2eq} almacenado en las especies de palmas

El CO₂ equivalente alcanzó un máximo de 41.14 Mg ha⁻¹ en los pisos bajos, y disminuyó a 22.97 y 28.58 Mg ha⁻¹ en las altitudes intermedias. Las especies como *Oenocarpus bataua* e *Iriarteia deltoidea* destacan por su capacidad de secuestro de carbono, esencial para las estrategias de conservación y mitigación del cambio climático. Entre las alturas de 601 a 700 msnm, *Oenocarpus bataua* almacena 4.89 Mg ha⁻¹ de CO_{2eq} y 1.33 Mg ha⁻¹ de C, seguida de *Iriarteia deltoidea* con 2.53 Mg ha⁻¹ de CO_{2eq} y 0.69 Mg ha⁻¹ de C, lo que refleja condiciones favorables para la acumulación de biomasa. Otras especies, como *Wettinia maynensis*, *Ceroxylon amazonicum* Galeano y *Astrocaryum murumuru* Mart. contribuyen en menor medida, con valores de CO_{2eq} entre 1.35 y 1.72 Mg ha⁻¹ y de C entre 0.37 y 0.47 Mg ha⁻¹ (Figura 3A).

En la altitud de 701 a 800 msnm, el almacenamiento de carbono disminuye, con *Iriarteia deltoidea* como la especie dominante (1.67 Mg ha⁻¹ de CO_{2eq}) (Figura 3B). De 801 a 900 msnm, se observa una ligera recuperación, con *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl. (2.13 Mg ha⁻¹ de CO_{2eq}) e *Iriarteia deltoidea* (2.09 Mg ha⁻¹) como principales contribuyentes; mientras que *Oenocarpus bataua* muestra una caída significativa con

solo 0.14 Mg ha^{-1} (Figura 3C). Finalmente, en el intervalo altitudinal de 901 a 1 000 msnm el almacenamiento disminuye en todas las especies, pero *Iriartea deltoidea* se mantiene como la dominante con 1.07 Mg ha^{-1} de CO_{2eq} (Figura 3D).

Estos resultados coinciden con estudios que resaltan el valor de las palmas en los bosques tropicales como capturadoras eficaces de carbono, debido a la cantidad de biomasa aérea que son capaces de almacenar y a su rápida regeneración (Keeling & Phillips, 2007). Su presencia en distintos niveles del dosel, desde el herbáceo hasta el arbóreo, garantiza el almacenamiento continuo de carbono: un aspecto esencial en la mitigación del cambio climático (Goodman et al., 2013).

Usos tradicionales y valor socioeconómico de las palmas amazónicas

Las especies de Arecaceae desempeñan un papel crucial en el sustento de las poblaciones humanas amazónicas (Cámara-Leret et al., 2014). Sus hojas son empleadas en la elaboración de techos y cestas, además de algunos usos medicinales tradicionales para tratar fiebres (Vormisto et al., 2004). Son altamente apreciadas por sus frutos ricos en aceite, también se usan en la preparación de productos para el cuidado personal y se utilizan en la alimentación, así como por sus aplicaciones medicinales para el tratamiento de afecciones cutáneas (Gutsche et al., 2008). Estos múltiples usos resaltan la importancia de las palmas en la vida cotidiana de las comunidades amazónicas, además de su valor ecológico (Cuadro 6).

Cuadro 6. Principales usos registrados para las palmas en las comunidades amazónicas a lo largo del gradiente estudiado.

Especie	Nombre común	Usos			
		Alimentación humana y ganadera	Medicinal	Artesanía	Construcción
<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	Pambil, Chonta	✓		✓	✓
<i>Geonoma macrostachys</i> Mart.	Suqui-suqui, Pashaco		✓	✓	✓
<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	Ungurahua, Seje	✓	✓	✓	✓
<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Cashapona, Palmito de monte	✓		✓	✓
<i>Ceroxylon amazonicum</i> Galeano	Palma de cera	✓		✓	✓
<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	Murumuru	✓	✓	✓	✓

Fuente: De la Torre *et al.* (2008).

Conclusiones

Este estudio resalta el papel de la familia Arecaceae en el almacenamiento de carbono en bosque siempreverde piemontano de la Amazonía Ecuatoriana. Las altitudes de 901 a 1 000 msnm presentan la mayor densidad de palmas (196 palmas ha⁻¹) y capacidad de secuestro de carbono, con contribuciones significativas también en el intervalo de 601 a 700 msnm. Especies dominantes como *Oenocarpus bataua* e

Iriartea deltoidea destacan en el secuestro de carbono en los bosques amazónicos ecuatorianos. Entre el gradiente altitudinal de 601 a 700 msnm, *Oenocarpus bataua* presenta el mayor almacenamiento con 4.89 Mg ha⁻¹ de CO_{2eq} y 1.33 Mg ha⁻¹ de C, mientras que *Iriartea deltoidea* almacena 2.53 Mg ha⁻¹ de CO_{2eq} y 0.69 Mg ha⁻¹ de C. En altitudes superiores, *Iriartea deltoidea* sigue contribuyendo consistentemente, con 1.67 Mg ha⁻¹ de CO_{2eq} en 701 a 800 msnm y 1.07 Mg ha⁻¹ en 901 a 1 000 msnm. *Oenocarpus bataua* es más eficiente en altitudes bajas, mientras que *Iriartea deltoidea* mantiene su importancia en todos los gradientes, demostrando ser clave para la restauración y captura de carbono en el ecosistema amazónico a distintas altitudes.

La diversidad y distribución uniforme de las palmas aseguran un almacenamiento de carbono en el gradiente, lo que es vital para la estabilidad ecológica y la mitigación del cambio climático. Los beneficios socioeconómicos, como la provisión de alimentos, materiales de construcción y productos artesanales, refuerzan la necesidad de estrategias de manejo que equilibren su conservación y uso sostenible. Lo anterior es fundamental, especialmente, para las comunidades locales que dependen de las palmas. Este estudio también enfatiza la importancia de desarrollar modelos alométricos específicos para las palmas, mejorando las estimaciones de biomasa y capacidad de secuestro de carbono, lo que facilitará su inclusión efectiva en programas de conservación y compensación de carbono como REDD+.

Agradecimientos

Los autores expresan un especial agradecimiento a las autoridades de la Universidad Estatal Amazónica por incentivar y motivar la investigación de sus docentes y técnicos. Además, se agradece a la Revista y revisores anónimos por sus observaciones y sugerencias que contribuyeron en la mejora de este artículo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses con empresa o institución relacionada con el presente trabajo.

Contribución por autor

Héctor Reyes-Morán, Bolier Torres-Navarrete, Cristhian Tipán-Torres y Erika Zambrano-Alcívar: idea del estudio, recopilación de información en campo, análisis de los resultados y redacción del manuscrito; Carlos Bravo-Medina y Antón García-Martínez: revisión del manuscrito; Héctor Reyes-Morán: recopilación de información de campo y formulación de la base de datos.

Referencias

- Alvez-Valles, C. M., Balslev, H., Garcia-Villacorta, R., Carvalho, F. A., & Menini N., L. (2018). Palm species richness, latitudinal gradients, sampling effort, and deforestation in the Amazon region. *Acta Botanica Brasilica*, 32(4), 527-539. <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0400>
- Aryal, D. R., Gómez-González, R. R., Hernández-Nuriasmú, R., & Morales-Ruiz, D. E. (2019). Carbon stocks and tree diversity in scattered tree silvopastoral systems in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems*, 93, 213-227. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0310-y>
- Balslev, H., Copete, J.-C., Pedersen, D., Bernal, R., Galeano, G., Duque, Á., Berrio, J. C., & Sanchez, M. (2017). Palm diversity and abundance in the Colombian Amazon.

- In R. W. Myster (Ed.), *Forest structure, function and dynamics in Western Amazonia* (pp. 101-123). John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119090670.ch5>
- Balslev, H., Pedersen, D., Navarrete, H., y Pintaud, J.-C. (2015). Diversidad y abundancia de palmas. En H. Balslev, M. J. Marcía y H. Navarrete (Edits.), *Cosecha de palmas en el noreste de Suramérica: bases científicas para su manejo y conservación* (pp. 13-25). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. https://www.researchgate.net/publication/294548512_Cosecha_de_palmas_en_el_noroeste_de_Suramerica_bases_cientificas_para_su_manejo_y_conservacion
- Berlanga S., V., y Rubio H., M. J. (2012). Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS. *REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 5(2), 101-113. <https://doi.org/10.1344/reire2012.5.2528>
- Borchsenius, F., y Moraes R., M. (2006). Diversidad y usos de palmeras andinas (Arecaceae). En M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev (Edits.), *Botánica Económica de los Andes Centrales* (pp. 412-433). Universidad Mayor de San Andrés. https://www.researchgate.net/publication/228761462_Diversidad_y_usos_de_palmeras_andinas_Arecaceae
- Bravo V., E. (2014). *La biodiversidad en el Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6788/1/La%20Biodiversidad.pdf>
- Bravo-Medina, C., Goyes-Vera, F., Arteaga-Crespo, Y., García-Quintana, Y., & Changoluisa, D. (2021). A soil quality index for seven productive landscapes in the Andean-Amazonian foothills of Ecuador. *Land Degradation & Development*, 32(6), 2226-2241. <https://doi.org/10.1002/ldr.3897>
- Cámara-Leret, R., Paniagua-Zambrana, N., Balslev, H., Barfod, A., Copete, J. C., & Macía, M. J. (2014). Ecological community traits and traditional knowledge shape palm ecosystem services in northwestern South America. *Forest Ecology and Management*, 334, 28-42. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.019>
- Cazzolla G., R., Reich, P. B., Gamarra, J. G. P., Crowther, T., Hui, C., Morera, A., Bastin, J.-F., de-Miguel, S., Nabuurs, G.-J., Svenning, J.-C., Serra-Diaz, J. M., Merow,

- C., Enquist, B., Kamenetsky, M., Lee, J., Zhu, J., Fang, J., Jacobs, D. F., ... Liang, J. (2022). The number of tree species on Earth. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(6), Article e2115329119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2115329119>
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.-P., Nelson, B. W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B., & Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145, 87-99. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S. L., Swenson, N. G., & Zanne, A. E. (2009). Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*, 12(4), 351-366. <https://doi.org/10.1111/J.1461-0248.2009.01285.X>
- Dantas, D., Terra, M. de C. N. S., Rodrigues P., L. O., Calegario, N., & Maciel, S. M. (2021). Above and belowground carbon stock in a tropical forest in Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 43, Article e48276. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.48276>
- Dauber, E., Terán, J., y Guzmán, R. (2000). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. *Revista Forestal Iberoamericana*, 1(1), 1-10. <https://www.forest.ula.ve/rforibam/archivos/DOC2.pdf>
- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel M., P., Macía, M. J., y Balslev, H. (Edits.). (2008). *Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador*. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus. <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/16016-enciclopedia-de-las-plantas-utiles-del-ecuador>
- De Lima, R. A. F., Sánchez-Tapia, A., Mortara, S. R., ter Steege, H., & de Siqueira, M. F. (2023). plantR: An R package and workflow for managing species records from biological collections. *Methods in Ecology and Evolution*, 14(2), 332-339. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13779>

- Fernandez, D. S. (2019, febrero 18). *Laboratorio de Ecología de Comunidades: Biodiversidad. Análisis de Biodiversidad con vegan y BiodiversityR*. R Pubs by RStudio. <http://rpubs.com/dsfernandez/468964>
- Galeas, R., y Guevara, J. E. (Eds.). (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador Continental*. Ministerio de Ambiente del Ecuador. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS ECUADOR 2.pdf>
- García-Cox, W., López-Tobar, R., Herrera-Feijoo, R. J., Tapia, A., Heredia R., M., Toulkeridis, T., & Torres, B. (2023). Floristic composition, structure, and aboveground biomass of the Moraceae Family in an Evergreen Andean Amazon Forest, Ecuador. *Forests*, 14(7), 1406. <https://doi.org/10.3390/f14071406>
- García-Quintana, Y., Arteaga-Crespo, Y., Torres-Navarrete, B., Bravo-Medina, C., y Robles-Morillo, M. (2021). Biomasa aérea de familias botánicas en un bosque siempreverde piemontano sometido a grados de intervención. *Colombia Forestal*, 24(1), 45-59. <https://doi.org/10.14483/2256201X.15939>
- Gentry, A. H. (1982). Patterns of Neotropical plant species diversity. In M. K. Hecht, B. Wallace & G. T. Prance (Edits.), *Evolutionary Biology* (Vol. 15, pp. 1-84). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6968-8_1
- Goodman, R. C., Phillips, O. L., del Castillo T., D., Freitas, L., Tapia C., S., Monteagudo, A., & Baker, T. R. (2013). Amazon palm biomass and allometry. *Forest Ecology and Management*, 310, 994-1004. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.09.045>
- Gutsche, A., Smith, N., y Wust, W. H. (2008). *Frutas amazónicas, postres peruanos de vanguardia*. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo e Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. <https://repositorio.iiap.gob.pe/handle/20.500.12921/137>
- Jost, L., y González-Oreja, J. A. (2012). Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta Zoológica Lilloana*, 56(1-2), 3-14. https://lillo.org.ar/revis/zoo/2012/v56n1_2/v56n1_2a01.pdf

- Keeling, H. C., & Phillips, O. L. (2007). The global relationship between forest productivity and biomass. *Global Ecology and Biogeography*, 16(5), 618-631. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00314.x>
- Kristiansen, T., Svenning, J.-C., Grández, C., Salo, J., & Balslev, H. (2009). Commonness of Amazonian palm (Arecaceae) species: Cross-scale links and potential determinants. *Acta Oecologica*, 35(4), 554-562. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2009.05.001>
- López-Santiago, J. G., Casanova-Lugo, F., Villanueva-López, G., Díaz-Echeverría, V. F., Solorio-Sánchez, F. J., Martínez-Zurimendi, P., Aryal, D. R., & Chay-Canul, A. J. (2019). Carbon storage in a silvopastoral system compared to that in a deciduous dry forest in Michoacán, Mexico. *Agroforest Systems*, 93, 199-211. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0259-x>
- Malhi, Y., & Grace, J. (2000). Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(8), 332-337. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)01906-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01906-6)
- Medrano M., M. de J., Hernández, F. J., Corral R., S., y Nájera L., J. A. (2017). Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(40), 57-68. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i40.36>
- Miranda, F., Coronel-Chugden, J.-W., Veneros, J., García, L., Guadalupe, G. A., & Arellanos, E. (2025). Species diversity of the Family Arecaceae: What are the implications of their biogeographical representation? An analysis in Amazonas, Northeastern Peru. *Forests*, 16(1), 76. <https://doi.org/10.3390/f16010076>
- Montufar, R., & Pintaud, J.-C. (2006). Variation in species composition, abundance and microhabitat preferences among western Amazonian *terra firme* palm communities. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 151(1), 127-140. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2006.00528.x>

- Neill, D. A. (2012). ¿Cuántas especies nativas de plantas vasculares hay en Ecuador? *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 1(1), 70-83. <https://doi.org/10.59410/RACYT-v01n01ep08-0001>
- Phillips, O. L., Malhi, Y., Higuchi, N., Laurance, W. F., Núñez, P. V., Vásquez, R. M., Laurance, S. G., Ferreira, L. V., Stern, M., Brown, S., & Grace, J. (1998). Changes in the carbon balance of tropical forests: evidence from long-term plots. *Science*, 282(5388), 439-442. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.282.5388.439>
- Pintaud, J.-C., Galeano, G., Balslev, H., Bernal, R., Borchsenius, F., Ferreira, E., de Granville, J.-J., Mejía, K., Millán, B., Moraes, M., Noblick, L., Stauffer, F. W., & Kahn, F. (2008). Las palmeras de América del Sur: diversidad, distribución e historia evolutiva. *Revista Peruana de Biología*, 15(S1), 7-29. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-993320080000000003&script=sci_abstract&tlng=en
- Pradhan, B. M., Awasthi, K. D., & Bajracharya, R. M. (2012). Soil organic carbon stocks under different forest types in Pokhare khola sub-watershed: a case study from Dhading district of Nepal. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 157, 535-546. <https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the-environment/157/23310>
- Ter Steege, H. (1998). The use of forest inventory data for a National Protected Area Strategy in Guyana. *Biodiversity and Conservation*, 7(11), 1457-1483. <https://doi.org/10.1023/A:1008893920157>
- Torres, B., Vasseur, L., López, R., Lozano, P., García, Y., Arteaga, Y., Bravo, C., Barba, C., & García, A. (2020). Structure and above ground biomass along an elevation small-scale gradient: case study in an Evergreen Andean Amazon forest, Ecuador. *Agroforestry Systems*, 94, 1235-1245. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-00342-8>
- Vormisto, J., Svenning, J.-C., Hall, P., & Balslev, H. (2004). Diversity and dominance in palm (Arecaceae) communities in *terra firme* forests in the western Amazon basin.

Journal of Ecology, 92(4), 577-588. <https://doi.org/10.1111/j.0022-0477.2004.00904.x>

Zambrano, E., Torres, B., Ochoa-Moreno, S., Reyes, H., Torres, A., Velasco, C., y Heredia R., M. (2021). Determinantes socioeconómicas del uso forestal maderable en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sumaco Napo Galeras, Amazonía Ecuatoriana. *Ecosistemas*, 30(3), 2216. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2216>



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.