



BOLETÍN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Dimensiones foliares y fotosíntesis de *Rhizophora mangle* en áreas estuarinas bajo condiciones hidrológicas contrastantes.

Flora Barboza y Ernesto Medina..... 158

Unpublished species of aquatic beetles of the genus *Anacaena* in the Upper Apure, Venezuela (Hydrophilidae: Chaetarthriinae: Anacaenini).

Mauricio García Ramírez y Alfredo Briceño..... 174

Tasa de fagocitosis en las especies de *Acanthamoeba* provenientes de aguas subterráneas. Parte 2.

Silvana Pertuz, Miroslav Macek y Elisabeth Ramírez..... 201

Notas científicas.

Contribución al conocimiento de la actividad pesquería artesanal del Cangrejo azul *Callinectes sapidus* (Brachyura: Portunidae) en dos áreas geográficas del Municipio Cabimas, Venezuela.

Helimar Vásquez y Edison Pascal..... 222

Plantas utilizadas por la tribu Kariña en Pueblo Nuevo de Caris, estado Anzoátegui, Venezuela.

Wilmer Díaz y Raúl Rivero..... 238

Instrucciones a los autores..... 247

Instructions for authors..... 257

Vol. 58, N° 2, Pp. 158-266, Julio-Diciembre 2024
UNA REVISTA INTERNACIONAL DE BIOLOGÍA PUBLICADA
POR
LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA, MARACAIBO, VENEZUELA



Dimensiones foliares y fotosíntesis de *Rhizophora mangle* en áreas estuarinas bajo condiciones hidrológicas contrastantes

Flora Barboza^{1†} y Ernesto Medina^{2*}

¹Departamento de Biología, Facultad Experimental de Ciencias, La Universidad del Zulia. ²Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5557-5782>

* Dirección de correspondencia (medinaga@gmail.com)



RESUMEN

En la bahía de El Tablazo y la boca del estrecho de Maracaibo ($\approx 10,7^{\circ}$ – $11,1^{\circ}$ N; $71,6^{\circ}$ – $71,8^{\circ}$ O) crecen comunidades de *R. mangle* bajo un clima semiárido con 500–600 mm de precipitación anual. Allí el manglar se desarrolla en suelos sin limitaciones nutricionales aparentes (N, P) y salinidad moderada (7–9 ‰), alcanzando alturas medias alrededor de 17 m. En dos áreas sometidas a regímenes hidrológicos que causan diferencias en las concentraciones de K, Na y N en el sedimento, se midieron las dimensiones foliares y la tasas de fotosíntesis bajo intensidad de luz saturante. Los cocientes masa/área foliar (157–173 g m⁻²) estuvieron dentro del margen reportado para *R. mangle* en un amplio rango latitudinal y de precipitación, pero sin deficiencias nutricionales. La succulencia promedio (268–282 g agua m⁻²) alcanzó valores similares a los reportados para manglares del Caribe, pero menores que la media observada en sitios de mayor salinidad. Las tasas medias de fotosíntesis (11,3–12,2 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y conductancia estomática (149–172 mmol m⁻² s⁻¹) coincidieron con los de comunidades no limitadas por nutrientes en el rango latitudinal de la especie. Las diferencias edáficas en los sitios estudiados se reflejan en variaciones de la masa foliar y el grado de succulencia, pero no generan cambios significativos en el intercambio gaseoso foliar. Las medias de concentración de N, conductancia, fotosíntesis y eficiencia intrínseca de uso de agua, pueden utilizarse como referencia para estimar efectos ecológicos causados por estrés hídrico, nutrición y salinidad.

Palabras clave: *Rhizophora*, cociente masa/área foliar, succulencia, fotosíntesis, conductancia estomática, cociente A/g_s.

Leaf dimensions and photosynthesis of *Rhizophora mangle* in estuarine areas under contrasting hydrological conditions

ABSTRACT

In El Tablazo Bay and the mouth of the Maracaibo Strait ($\approx 10.7^{\circ}$ – 11.1° N; 71.6° – 71.8° W) *R. mangle* communities grow under a semi-arid climate with 500–600 mm annual precipitation. There, the mangrove grows on soils with no apparent nutritional limitations (N, P) and moderate salinity (7–9 ‰), reaching average heights of around 17 m. Leaf dimensions and light saturated photosynthesis were measured in two areas subjected to hydrological regimes causing differences in the sediment concentrations of K, Na y N. The leaf mass/area ratios (157–173 g m⁻²) were within the margins reported for *R. mangle* over a wide latitudinal and precipitation range, but without nutritional deficiencies. The average succulence (268–282 g water m⁻²) reached values similar to those of Caribbean mangroves, but lower than the average observed in higher salinity sites. Mean rates of photosynthesis (11.3–12.2 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and stomatal conductance (149–172 mmol m⁻² s⁻¹) coincided with those of non-nutrient-limited communities across the latitudinal range of the species. The edaphic differences in the studied sites are reflected in variations in leaf mass and the degree of succulence, but do not generate significant changes in the gas exchange. The averages of N concentration, conductance, photosynthesis and intrinsic water use efficiency can be used as reference to estimate ecological effects caused by water stress, nutrition, and salinity.

Key words: *Rhizophora*, leaf mass/area, succulence, photosynthesis, stomatal conductance, A/g_s ratio.

Recibido / Received: 22-05-2024 ~ **Aceptado / Accepted:** 29-10-2024

INTRODUCCIÓN

Los manglares dominados por *Rhizophora mangle* L. en la costa atlántica del continente americano se encuentran entre $\approx 30^{\circ}$ al norte y sur del ecuador. La limitación latitudinal está relacionada principalmente con el régimen térmico y no con la precipitación (Quisthoudt *et al.* 2012, Numbere y Camilo 2017). Dentro de este amplio rango latitudinal las poblaciones de *R. mangle* se establecen en las bermas de

ríos que desembocan al mar (manglares ribereños) y en zonas marino-costeras (manglares de franja), bajo climas variados, desde semiáridos hasta pluviales, con niveles de precipitación entre 700 y 3500 mm (Pool *et al.* 1977, Medina y Francisco 1997, Barboza *et al.* 2006). La amplia distribución latitudinal y su dominancia bajo climas con pluviosidad contrastante se deben, principalmente, al efecto excluyente de la salinidad, que limita la competencia por el espacio a un número reducido de especies halotolerantes. Además, las especies de mangle con niveles similares de halotolerancia, se diferencian en su distribución espacial por su resistencia a otros factores de estrés tales como la inundación prolongada e hipoxia en el suelo (Medina 1999, Lugo y Medina 2020). La reducción parcial o total de competencia interespecífica permite observar en condiciones naturales los máximos y mínimos de productividad y desarrollo estructural de *R. mangle*.

Un estudio de la distribución global de la altura y biomasa aérea de manglares mostró que 74% de la variación de estos parámetros depende de los niveles de precipitación, temperatura y frecuencia de ciclones (Simard *et al.* 2019). Entre las latitudes 10°N y S del ecuador, la altura máxima del dosel de manglares alcanza \approx 33 m (basado en el percentil 95% superior de las observaciones). A latitudes mayores, la altura máxima del dosel disminuye rápidamente hasta alcanzar el límite geográfico (\approx 32° N y 40° S) determinado por la ocurrencia de temperaturas congelantes (Stuart *et al.* 2007).

Por otra parte, el área basal y la altura de comunidades de manglar se correlacionan con las condiciones de salinidad y nutrientes. El suministro de agua dulce proveniente de la escorrentía terrestre y la precipitación *in situ*, disminuyen la salinidad del agua de mar (Ahmed *et al.* 2022) y se ha demostrado experimentalmente que el óptimo de salinidad para el crecimiento de especies de *Rhizophora* se encuentra alrededor de 10 ‰ (Pannier 1959, Clough 1984, Pereira Silva *et al.* 2023). Además, la concentración de P disponible en el sustrato es el principal factor nutricional que regula el desarrollo estructural de estas especies en condiciones naturales (Feller 1995, Lovelock *et al.* 2004, Medina *et al.* 2010).

En las costas occidentales de la bahía de El Tablazo y la boca del estrecho de Maracaibo (aproximadamente entre 11,1° y 10,7°N; 71,8° y 71,6° O) se encuentran comunidades de *R. mangle* expuestas a un clima semiárido con 500 – 600 mm

precipitación anual, con régimen de distribución biestacional (picos promedio en mayo y octubre) (Zona de manglar II en Medina y Barboza 2003). En esa zona se encuentran poblaciones de *R. mangle* con alturas entre 14 y 23 m, que crecen en suelos sin limitaciones nutricionales aparentes (N, P) y salinidad moderada del agua intersticial (7–9 ‰) (Polo *et al.* 2014, Ramírez *et al.* 2021, Barboza *et al.* 2024).

El presente estudio tiene como objetivo cuantificar los parámetros de fotosíntesis en hojas adultas de *R. mangle* como referencia comparativa con los valores reportados para esta especie, dentro su área de distribución en el continente americano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con base en el estudio de Barboza *et al.* (2024) se escogieron dos áreas de manglar sometidas a regímenes hidrológicos que causan diferencias de las concentraciones de metales alcalinos (Na, K) y alcalino-térreos (Ca, Mg), tanto en el agua intersticial como en los sedimentos. Con el objeto de determinar si las diferencias edáficas se reflejan en la estructura y función foliar se cuantificaron las dimensiones (área, densidad, contenido de agua y concentración de N) y las tasas de intercambio de gases (CO₂ y H₂O) en hojas adultas a plena exposición (hojas de sol) de árboles de *R. mangle*.

Zonas de estudio

a) Entrada del Caño Pajana (CP) en la bahía de Urubá: un caño de marea influenciado por el transporte de sedimentos del río Limón y con posibles aportes salinos subsuperficiales desde el golfo de Venezuela ($\approx 11,1$ °N; $71,6$ ° O) (Medina *et al.* 2001a).

b) Punta de Capitán Chico (CCh): un área con alrededor de 130 ha cubierta por un manglar dominado por *R. mangle* ($\approx 10,7$ °N; $71,8$) (Pannier y Fraino 1989, Querales *et al.* 2011, Ramírez *et al.* 2021). Este manglar depende principalmente de las aguas que circulan por el estrecho de Maracaibo (Carter 1955). Las características estructurales de estos bosques se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Características estructurales básicas de los bosques de manglar de Caño Paijana y Punta de Capitán Chico, Estado Zulia (de Barboza *et al.* 2024).

	Densidad indiv/ha	DAP medio cm	Altura m	Área Basal m ² /ha
Capitán Chico	310	36,7	23,4	32,8
Caño Paijana	356	28,8	15,3	23,2

DAP: diámetro a la altura del pecho

Medición de intercambio gaseoso y dimensiones foliares.

En 4–5 árboles escogidos al azar, con ramas que reciben radiación solar directa por más de seis horas diarias, y asequibles desde un bote, se midió la tasa de fotosíntesis de 10 hojas adultas (2–3 hojas por árbol) sin signos de herbivoría o clorosis, bajo condiciones ambientales de CO₂, humedad y temperatura, y a intensidades de luz mayores de 500 μmol m⁻² s⁻¹. Para ello se utilizó un analizador infrarrojo portátil (ADC LCI, Analytical Development Corp., Hoddesdon, UK), operando en modo abierto (Long y Hällgren 1993).

Las hojas envueltas en bolsas plásticas, se transportaron al laboratorio dentro de recipientes de poliestireno expandido en oscuridad y baja temperatura. A cada hoja se le midió el área (Af) (medidor Licor LI 3000) y la masa fresca (Mf) y la masa seca (Ms) después de secadas en estufa a 60 °C durante 72 horas. El material foliar seco se analizó para N orgánico mediante procedimiento de micro Kjeldahl (Jones 1991). Con estos parámetros se calcularon los siguientes índices: a) succulencia foliar Sf= [(Mf - Ms)/Af] que expresa el contenido de agua por unidad de área; b) la densidad foliar (gm⁻²) = Ms/Af; y c) nitrógeno orgánico por unidad de masa foliar Norg = mmol g⁻¹.

Análisis estadístico

Las dimensiones Af y Mf fueron sometidas a análisis de regresión; mientras que para todas las medias de dimensiones y de intercambio gaseoso se comprobó prime-

ro la homogeneidad de varianzas (test de Bartlett) y luego se sometieron al test de Tukey-Cramer ($P= 0.05$). Los análisis se realizaron mediante el programa de estadística JMP 17 (2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros foliares

El Af y la Ms de las hojas recolectadas en las dos localidades se correlacionan linealmente (Fig. 1). Las líneas de regresión no pasan por cero, lo que indica que para hojas jóvenes esta relación tiene una pendiente distinta.

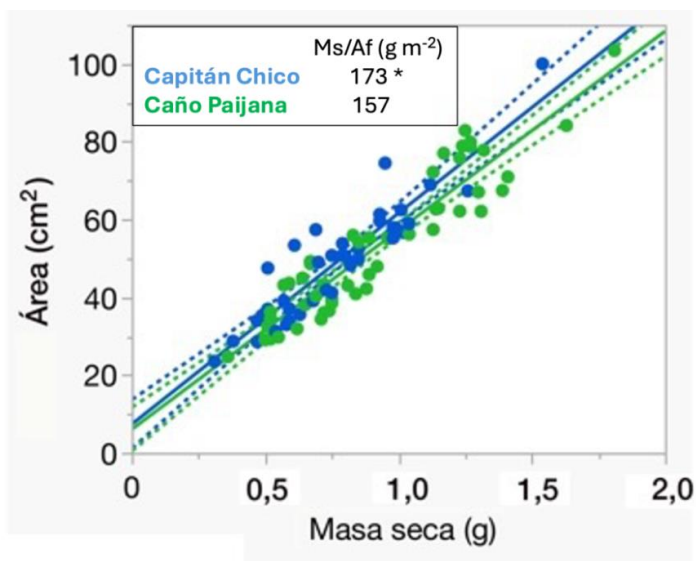


Figura 1. Correlación entre el área y el peso foliar de *Rhizophora mangle* en los manglares de Caño Pajana y Punta de Capitán Chico, estado Zulia, Venezuela (* diferencia significativa $P < 0,001$, prueba de Tukey-Kramer).

Se incluyen las rectas de regresión con los límites de confianza
 Capitán Chico: $\text{Área (cm}^2\text{)} = 7,37 + 54,25 \times \text{Ms (g)}$; $R^2_{aj} = 0,84$
 Caño Pajana: $\text{Área (cm}^2\text{)} = 6,08 + 51,15 \times \text{Ms (g)}$; $R^2_{aj} = 0,87$

Las hojas adultas alcanzaron un tamaño similar en ambas localidades, promediando $\approx 50 \text{ cm}^2$, con un coeficiente de variación (desviación estándar/media) de poco más de 30 % (Tabla 2). Por otra parte, la Ms promedio de las hojas de las plantas de CP fue significativamente mayor, por lo tanto, allí el cociente Ms/Af resultó ser también mayor estadísticamente. La Mf y el contenido de agua por unidad de Ms no presentaron diferencias significativas entre sitios, sin embargo, el cociente de agua por unidad de área, índice de succulencia foliar que incluye masa seca y área (Mantovani 1999), fue significativamente mayor en CP. Finalmente, no hubo diferencias entre las concentraciones de N por Ms. En conclusión, la unidad de área de *R. mangle* en CP es más pesada y más succulenta que la de CCh.

Tabla 2. Promedio y desviación estándar (d. e.) de área, masa, contenido de agua y concentración de nitrógeno de las hojas muestreadas en los manglares de Caño Paijana y punta de Capitán Chico, estado Zulia, Venezuela. En cada columna promedios seguidos por distinta letra difieren estadísticamente para $P=0,05$ (test de Tukey-Cramer).

Sitio	Masa fresca		Masa seca		Area cm ²	Ms/Af		Agua/Af		N/Ms mmol g ⁻¹
	n	g	g			g m ⁻²	g m ⁻²			
Capitán Chico	39 d.e .	2,111 (0,712)	0,775 (0,254)	b	49,4 (15,0)	157 (20)	b	268 (29)	b	1,026 (0,214)
Caño Paijana	50 d.e .	2,423 (0,874)	0,919 (0,331)	a	53,1 (18,2)	173 (23)	a	282 (25)	a	0,953 (0,223)

Características fotosintéticas

Los promedios de los factores relacionados con el intercambio gaseoso de las hojas indican que la humedad del aire (e_{ref}) y la intensidad de radiación fotosintéticamente activa (RFA) fueron similares para ambas localidades; no así la temperatura foliar que fue, en promedio, 4 °C más alta en CCh (Tabla 3). Estas diferencias se deben a que las mediciones se iniciaron a las 9 am en CP, y a las 11 am en CCh.

Tabla 3. Radiación fotosintéticamente activa (RFA), humedad de referencia (e_{ref}) y temperatura foliar dentro de la cámara en las localidades muestreadas. Jornadas de medición de intercambio gaseoso en Caño Paijana y Punta de Capitán Chico, Estado Zulia.

Sitio	n	RFA $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	e_{ref} mbar	T_{foliar} $^{\circ}\text{C}$
Capitán Chico	40	1000	28,6	38,0 a
i.c. 95% superior		1080	29,4	38,5
i.c. 95% inferior		920	27,8	37,6
Caño Paijana	48	904	29,7	33,7 b
95% superior		1008	30,2	34,1
95% inferior		800	29,2	33,3

Las hojas medidas mostraron actividad fotosintética y conductancias similares y diferente tasa de transpiración (prueba de Tukey-Kramer $P=0,05$) (Tabla 4). Sin embargo, la eficiencia intrínseca de uso de agua ($EIUA=Ag_s^{-1}$) no difiere significativamente entre las dos zonas de estudio, de manera que las diferencias de transpiración son atribuibles exclusivamente a la mayor temperatura de las hojas medidas en CCh y no a distinta conductancia estomática.

Tabla 4. Parámetros de intercambio gaseoso de hojas de *Rhizophora mangle* medidos en Caño Paijana y Punta de Capitán Chico, Estado Zulia. (i. c.: intervalo de confianza).

Sitio	C_i ppm	C_i/C_a	E	g_s media — mmol— $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	A media μmol $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	EIUA media $\mu\text{mol/mol}$
Capitán Chico (n = 40)	197	0,54	3,9 a	159	11,9	74,3
i.c. 95% superior			4,3	180	13,5	81,3
i.c. 95% inferior			3,4	140	10,2	67,4
Paijana (n= 48)	187	0,51	2,3 b	165	12,5	80,2
i.c. 95% superior			2,5	180	13,6	87,5
i.c. 95% inferior			2,2	150	11,5	72,9

Desarrollo estructural y dimensiones foliares

El desarrollo estructural (altura y área basal) de las poblaciones de *R. mangle* de la bahía del El Tablazo descrita por Barboza *et al.* (2024) es similar a otros reportes de localidades en Centroamérica y el Caribe (Pool *et al.* 1977, Cerón Souza *et al.* 2014), excluyendo los manglares enanos que crecen en sustratos deficientes en P (Medina *et al.* 2010). Las alturas de los sitios muestreados son superiores a la media de alturas de manglares del continente americano reportadas por Simard *et al.* (2019) que oscilan entre 5,8 y 30,7 m.

El área foliar media ($\approx 50 \text{ cm}^2$) corresponde a comunidades de *R. mangle* con moderados niveles de salinidad. Para esta especie en Quintana Roo, México, Peel *et al.* (2017) reportan un área foliar media que se reduce de 51 a 38 cm^2 con incrementos de salinidad de 8 a 19 ‰. Medina *et al.* (2001b) en áreas de alta precipitación en Bragança, Brasil, reportaron una reducción de la media de área foliar de 46 a 36 cm^2 por incremento de salinidad intersticial de 10 a 50 ‰.

Los valores del cociente Ms/Af ($157 - 173 \text{ gm}^{-2}$) (equivalentes a 63 y 57 cm^2g^{-1}), están dentro del rango reportado para *R. mangle* en localidades que difieren en latitud y precipitación (Sobrado 2000, Sereneski- de Lima *et al.* 2013, Medina *et al.* 2015b) pero son menores que los que se encuentran en sustratos turbosos deficientes en P (Medina *et al.* 2010, Hogan *et al.* 2022).

El contenido promedio de agua por unidad de área varió entre 268 y 282 gm^{-2} , diferencias que pueden deberse a la mayor concentración de Na, K y Ca en el agua intersticial de CP. Estos valores concuerdan con reportes previos para la especie en áreas cercanas a los sitios de estudio (laguna de Las Peonías) y manglares de Puerto Rico (Medina *et al.* 2015a, b), pero son mucho menores que la media registrada por Sobrado (2000) para comunidades establecidas en sitios de mayor salinidad.

Tasa de fotosíntesis y eficiencia de uso de agua

Las tasas de fotosíntesis de *R. mangle* en ambos sitios pueden agruparse, ya que no se detectaron diferencias significativas de conjunto. Las medias e intervalos de confianza para los parámetros de fotosíntesis (A), conductancia estomática (g_s) y

eficiencia intrínseca de uso de agua (EIUA= A/g_s) pueden considerarse como el patrón funcional de árboles de *R. mangle* en condiciones estuarinas bajo clima tropical, sin condiciones de estrés hídrico, déficit nutricional, o contaminación aparentes (Tabla 5). El uso de la conductancia estomática, en lugar de la transpiración, para calcular la eficiencia de uso de agua, permite independizar este parámetro de las variaciones de temperatura foliar y humedad del aire entre mediciones. La tasa de fotosíntesis mostró una distribución que se ajusta a una distribución normal, y la media alcanzó a $12,2 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. El promedio de EIUA alcanzó a $77,5 \mu\text{mol mol}^{-1}$.

Tabla 5. Valores de referencia para fotosíntesis, conductancia y eficiencia intrínseca de uso de agua para poblaciones de *Rhizophora mangle* en Caño Paijana y Punta de Capitán Chico, Estado Zulia.

	N $\mu\text{mol g}^{-1}$	Fotosíntesis $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Conductancia $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Eficiencia intrínseca $\mu\text{mol mol}^{-1}$
Media	985	12,2	163	77,5
95% superior	1031	13,2	176	82,6
95% inferior	948	11,3	149	72,5
n	88			

Las medias de fotosíntesis calculadas se encuentran dentro del margen de los valores mayores registrados para manglares de *R. mangle* (Tabla 6). Los valores más altos reportados en la literatura revisada se han medido tanto en latitudes tropicales (Mehlig 2001, Pará, Brasil) y extremos latitudinales al norte (Hogan *et al.* 2022, Everglades, Florida, EE. UU.) y al sur del ecuador (Lopes *et al.* 2019, Sta. Catarina, Brasil). Los menores valores en la Tabla 6 pueden atribuirse a salinidad (Watzka y Medina 2018), nutrientes (Cheeseman y Lovelock 2004) o sequía (Medina *et al.* 2015b).

Tabla 6. Conductancia estomática y tasas de fotosíntesis reportadas para poblaciones de *Rhizophora mangle* en América. Entre paréntesis número de referencia al pié de la tabla.

Localidad	Lluvia mm	Salinidad ‰	Tipo manglar	g_s max $mmol\ m^{-2}s^{-1}$	A max $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$
USA					
Everglades 25,197 °N (1)	≈ 1400	15-30	enano	≈200	15,1
Sugarloaf K 24, 63 °N (2)	1052		enano franja	188 184	9,8 10,5
Belice (3)	1300		franja	110	9,9
Twin Keys 16,830 °N			enano	68	5,3
Puerto Rico (4) 17,955 °N	≈1500	≈ 40	franja (lluvia) franja (sequía)	283 99	12,7 8,4
Venezuela					
Carabobo (5) 10,466 °N	490	35	franja	≈200	≈8,7
Falcón (6) Ricoa 11,506 °N	970	4	ribereño	347	9,25
Tacuato 1	400	56	franja	139	6,7
Tacuato2 11,694 °N	400	62	laguna	78	4,4
Brasil					
Pará (7) 0,9 °S	≈2500		franja	≈201	13,2
Espirito Santo (8) 18,593 °S	1311	9–27 18–35	franja franja	170 178	9,2 7,1
Sta. Catarina (9) 27,460 °S	≈1400	20 29-32	franja interior	450 210	15,7 12,7
27,808 °S		≈20	franja	190	9,6

1) Hogan *et al.* 2022; 2) Lin y Sternberg 1992; 3) Cheeseman y Lovelock 2004; 4) Medina *et al.* 2015b; 5) Sobrado 2000; 6) Watzka y Medina 2018; 7) Mehlig 2001; 8) Soares *et al.* 2015, y 9) Lopes *et al.* 2019.

AGRADECIMIENTOS

A los árbitros académicos del Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas por la minuciosa revisión del manuscrito original, y sus numerosas sugerencias que han contribuido a mejorar significativamente el texto original. Al Dr. A. E. Lugo (US Forest Service) por su evaluación crítica de la primera versión de este artículo.

LITERATURA CITADA

AHMED, S., S. K. SARKER, D. A. FRIESS, M. D. KAMRUZZAMAN, M. JACOBS, M. A. ISLAM, M. A. ALAM, M. J. SUVO, M. N. H. SANI, T. DEY, C. S. S. NAABEH y H. PRETZSCH. 2022. Salinity reduces site quality and mangrove forest functions. From monitoring to understanding. *Science of The Total Environment*. 853, 158662. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158662>.

BARBOZA, F., M. B. BARRETO, V. FIGUEROA, A. M. FRANCISCO, A. GONZÁLEZ, L. LUCENA, K. Y. MATA, E. NARVÁEZ, E. OCHOA, L. PARRA, D. ROMERO, J. SÁNCHEZ, M. N. SOTO M, A. J. VERA, A. L. VILLARREAL, S. C. YABROUDI y E. MEDINA. 2006. Desarrollo estructural y relaciones nutricionales de un manglar ribereño bajo clima semi-árido. *Ecotropicos*. 19(1): 13-29.

BARBOZA, F., A. M. FRANCISCO, J. SÁNCHEZ y E. MEDINA. 2024. Influencia del régimen hidrológico sobre la composición de sedimentos de manglares en la Bahía de El Tablazo (Sistema de Maracaibo). *Bol. Centro Invest. Biol.* 58(1): 45–66. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13288599>.

CARTER, D. B. 1955. The water balance of the Lake Maracaibo Basin during 1946-53. *Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology*. VIII (3): 209-226.

CERÓN-SOUZA, I, B. L. TURNER, K. WINTER, E. MEDINA, E. BERMINGHAM y G. N. FELINER. 2014. Reproductive phenology and physiological traits in the red mangrove hybrid complex (*Rhizophora mangle* and *R. racemosa*) across a natural gradient of nutrients and salinity. *Plant Ecology*. 215: 481-493. <https://doi.org/10.1007/s11258-014-0315-1>.

CHEESEMAN, J. M. y C. E. LOVELOCK. 2004. Photosynthetic characteristics of dwarf and fringe *Rhizophora mangle* L. in a Belizean mangrove. *Plant, Cell and Environment*. 27 (6): 769–780.

CLOUGH, B. F. 1984. Growth and salt balance of the mangroves *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. and *Rhizophora stylosa* Griff, in relation to salinity. Australian Journal of Plant Physiology. 11(5): 419-430.

FELLER, I. C. 1995. Effects of nutrient enrichment on growth and herbivory of dwarf red mangrove (*Rhizophora mangle*). Ecological Monographs. 65(4):477-505.

HOGAN, J. A., E. CASTAÑEDA-MOYA, L. LAMB-WOTTON, T. TROXLER y C. BARALOT. 2022. Water levels primarily drive variation in photosynthesis and nutrient use of scrub Red Mangroves in the southeastern Florida Everglades. Tree Physiology. 42(4): 797-814.

JONES, J. B. JR. 1991. Kjeldahl method for Nitrogen determination. Athens, Ga. USA: Micro-Macro Publishing Inc.

JMP. 2022. JMP Statistical Discovery LLC.

LIN, G. y L. S. L. STERNBERG. 1992. Comparative study of water uptake and photosynthetic gas exchange between scrub and fringe red mangroves, *Rhizophora mangle* L. Oecologia. 90: 399-403.

LONG, S. P. y JE. HÄLLGREN. 1993. Measurement of CO₂ assimilation by plants in the field and the laboratory. In: Hall, D.O., Scurlock, J. M. O., Bolhàr-Nordenkamp, H. R., Leegood, R. C., Long, S. P. (eds) Photosynthesis and Production in a Changing Environment. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-1566-7_9.

LOPES, D. M. S., M. M. P. TOGNELLA, A. R. FALQUETO y M. L. G. SOARES. 2019. Salinity variation effects on photosynthetic responses of the mangrove species *Rhizophora mangle* L. growing in natural habitats. Photosynthetica. 57(4): 1142-1155.

LOVELOCK, CE, I. C. FELLER, K. L. MCKEE, M. B. J. ENGELBRECHT y M. C. BALL. 2004. The effect of nutrient enrichment on growth, photosynthesis and hydraulic conductance of dwarf mangroves in Panamá. Functional Ecology. 18(1): 25-33.

LUGO, A. E. y E. MEDINA. 2020. Mangrove Forests. Chapter 11, pp. 117-133, In: Encyclopedia of Natural Resources (Y. Wang, Editor) Vol V. Coastal and Marine Environments. ISBN 9781138339637CRC Press, Taylor & Francis Group.

MANTOVANI, A. 1999. A method to improve leaf succulence quantification. Brazilian Archives of Biology and Technology. 41(1): 9-14.

MEDINA, E. 1999. Mangrove physiology: the challenge of salt, heat, and light stress under recurrent flooding, p. 109-126. En: A. Yáñez-Arancibia y A. L. Lara-

Domínguez (eds.). Ecosistemas de Manglar en América Tropical. Instituto de Ecología A. C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p.

MEDINA, E. y F. BARBOZA. 2003. Manglares del Sistema del Lago de Maracaibo: Caracterización Fisiográfica y Ecológica. *Ecotropicos*. 16(2): 75-82.

MEDINA E. y M. FRANCISCO. 1997. Osmolality and $\delta^{13}\text{C}$ of leaf tissues of mangrove species from environments of contrasting rainfall and salinity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 45(3): 337-344.

MEDINA, E., E. CUEVAS y A. E. LUGO. 2010. Nutrient Relations of Dwarf *Rhizophora mangle* L. Mangroves on Peat in Eastern Puerto Rico. *Plant Ecology* 207: 13-24. <https://doi.org/10.1007/s11258-009-9650-z>

MEDINA, E., W. FERNÁNDEZ Y F. BARBOZA. 2015a. Element uptake, accumulation, and resorption in leaves of mangrove species with different mechanisms of salt regulation. *Web Ecology*. 15(1): 3–13. <https://doi.org/10.5194/we-15-3-2015>.

MEDINA, E., E. CUEVAS, A. E. LUGO, O. ABELLEIRA y J. FONSECA DA SILVA. 2015b. Jobos bay mangroves revisited: Gas exchange, salinity, and nutrient relations. *Acta Científica*. 29(1-3): 92-108.

MEDINA, E., H. FONSECA, F. BARBOZA y M. FRANCISCO. 2001a. Natural and man-induced changes in a tidal channel mangrove system under tropical semiarid climate at the entrance of the Maracaibo Lake (Western Venezuela). *Wetlands Ecology and Management*. 9: 233-243.

MEDINA, E., T. GIARRIZZO, M. MENEZES, M. CARVALHO LIRA, E. A. CARVALHO, A. PERES, A. SILVA, R. VILHENA, A. REISE y F. C. BRAGA. 2001b. Mangal communities of the "Salgado Paraense": ecological heterogeneity along the Bragança peninsula assessed through soil and leaf analyses. *Amazoniana*. 16 (3/4): 397-416.

MEHLIG, U. 2001. Aspects of tree primary production in an equatorial mangrove forest in Brazil. Dissertation. Center for Marine Tropical Ecology. University of Bremen.

NUMBERE, A. O. y G. R. CAMILO. 2017. Effect of Temperature and Precipitation on Global Mangrove *Rhizophora* Species Distribution. *American Journal of Environmental Sciences*. 13(5): 342-350.

PANNIER, F. 1959. El efecto de distintas concentraciones salinas sobre el desarrollo de *Rhizophora mangle* L. *Acta Científica Venezolana*. 10(3): 68-78.

PANNIER, F. y R. FRAINO. 1989. Los manglares de Venezuela. Colección Cuadernos Lagoven. Caracas. 68 pp. Pannier, F. y R. Fraino. 1989. Los manglares de Venezuela. Colección Cuadernos Lagoven. Caracas. 68 pp.

PEEL, J. R., M. C. MANDUJANO SÁNCHEZ, J. LÓPEZ PORTILLO y J. GOLUBOV. 2017. Stomatal density, leaf area and plant size variation of *Rhizophora mangle* (Malpighiales: Rhizophoraceae) along a salinity gradient in the Mexican Caribbean. *Revista de Biología Tropical*. 65(2): 701-712.

PEREIRA SILVA, B., H. M. SABALLO, A. K. MOREIRA LOBO y M. C. LIMA NETO. 2023. The plasticity of the photosynthetic apparatus and antioxidant responses are critical for the dispersion of *Rhizophora mangle* along a salinity gradient. *Aquatic Botany*. 185: <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2022.103609>.

POLO, C., MARÍN, J. C., ROJAS, J., BEHLING, E., MEZA, M., FERNÁNDEZ, A. y J. FLORES J. 2014. Variaciones espaciales de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en sedimentos costeros del Lago de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol*. 48(1): 21-38.

POOL, D. J., SNEDAKER, S. C. y A. E. LUGO. 1977. Structure of Mangrove Forests in Florida, Puerto Rico, Mexico, and Costa Rica. *Biotropica*. 9(3): 195-212.

QUERALES, Y., F. BARBOZA, J. BRICEÑO y E. MEDINA 2011. Producción de hojarasca de *Rhizophora mangle* en el manglar de Punta Capitán Chico, estado Zulia-Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol*. 45(1):177–190.

QUISTHOUDT, K., N. SCHMITZ, C. F. RANDIN, F. DAHDOUN-GUEBAS, E. M. R. ROBERT y N. KOEDAM. 2012. Temperature variation among mangrove latitudinal range limits world wide. *Trees* 26:1919–1931. <https://doi.org/10.1007/s00468-012-0760-1>.

RAMÍREZ S., E. NARVÁEZ Y A. SARAS. 2021. Riqueza y composición de la avifauna del manglar Capitán Chico, Maracaibo, Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol*. 55 (2): 149-164. <http://www.doi.org/10.5281/zenodo.5780442>.

SERENESKI-DE LIMA, C., M. R. TORRES-BOEGER, L. LARCHER-DE CARVALHO, A. PELOZZO y P. SOFFIATTI. 2013. Sclerophylly in mangrove tree species from South Brazil. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84(4): 1159-1166. <https://doi.org/10.7550/rmb.32149>.

SIMARD, M., L. FATOYINBO, C. SMETANKA, V. H. RIVERA-MONROY, E. CASTAÑEDA-MOYA, N. THOMAS y T. VAN DER STOCKEN. 2019. Mangrove canopy height globally related to precipitation, temperature and cyclone frequency. *Nature Geoscience*. 12(1): 40-45.

SOARES, M. L. G., M. M. P. TOGNELLA, E. CUEVAS y E. MEDINA. 2015. Photosynthetic capacity and intrinsic water-use efficiency of *Rhizophora mangle* at its southernmost western Atlantic range. *Photosynthetica*. 53(3): 464-470. <https://doi.org/10.1007/s11099-015-0119-0>.

SOBRADO, M. A. 2000. Relation of water transport to leaf gas exchange properties in three mangrove species. *Trees* 14: 258-262. <https://doi.org/10.1007/s004680050011>.

STUART, S. A., B. CHOAT, K. C. MARTIN, N. M. HOLBROOK y M. C. BALL. 2007. The role of freezing in setting the latitudinal limits of mangrove forests. *New Phytologist*. 173(3): 576-583. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01938.x>.

Watzka, M. y E. Medina. 2018. Mangroves in Contrasting Osmotic Environments: Photosynthetic Costs of High Salinity Tolerance. Pp. 6991. En: *Photosynthesis* (García Cañedo, J. C. and López Lizarraga G. L. eds.). Intech Open. <https://doi.org/10.5772/intechopen.74750>.

ISSN2477-9458

BOLETIN
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
AN INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOLOGY
PUBLISHED BY THE UNIVERSITY OF ZULIA, MARACAIBO, VENEZUELA
Vol. 58, N° 2, Pp. 158-266, July-December 2024

Leaf Dimensions and photosynthesis of <i>Rhizophora mangle</i> in estuarine areas under contrasting hydrological conditions. <i>Flora Barboza y Ernesto Medina</i>	158
Inéditas especies de escarabajos acuáticos del género <i>Anacaena</i> en el Alto Apure, Venezuela (Hydrophilidae: Chaetarthriinae: Anacaenini). <i>Mauricio García Ramírez y Alfredo Briceño</i>	174
Phagocytosis rate in species <i>Acanthamoeba</i> from groundwater. Part 2. <i>Silvana Pertuz, Miroslav Macek y Elisabeth Ramírez</i>	201
<i>Scientific Notes.</i>	
Contribution to the knowledge of the artisan fishing activity of the Blue crab <i>Callinectes sapidus</i> (Brachyura: Portunidae) in two geographical areas of the Cabimas Municipality, Venezuela. <i>Helimar Vásquez y Edison Pascal</i>	222
Plants used by the Kariña tribe in Pueblo Nuevo the Caris, Anzoátegui, Venezuela. <i>Wilmer Díaz y Raúl Rivero</i>	238
Instrucciones a los autores	247
Instructions for authors	257