

BOLETÍN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Fenotipo de la resistencia a MLSB y la tipificación estructural del cassette cromosomal *mec* (SCC*mec*) en *Staphylococcus aureus* resistentes a meticilina procedentes de manos de manipuladores de alimentos.

Victor Pico-Bracho, Jhoandry Rivera-Salazar, Velina Aranaga-Natera, Isabel Mujica de Fernández, Yolaimis La Paz-Delgado e Irene Zabala-Díaz.....

1

***Paracymus* de Venezuela (Coleoptera: Hydrophilidae: Laccobiini), Parte VII: Registro de seis nuevas especies.**

Mauricio García Ramírez.....

20

Influencia del régimen hidrológico sobre la composición de sedimentos de manglares en la Bahía de El Tablazo (Sistema de Maracaibo).

Flora Barboza, Ana Marta Francisco, Jacinto Sánchez y Ernesto Medina.....

45

Discovery of two new genera of detritivorous aquatic beetles *Toneroides*, in the Venezuelan Amazon (Coleoptera: Noteridae: Noterinae).

Mauricio García Ramírez.....

67

Notas científicas.

Nuevas observaciones y ampliación del rango altitudinal del gabán *Mycteria americana* (Linnaeus, 1758) en los Andes de Venezuela, sugieren desplazamientos entre biorregiones.

Luis A. Saavedra, Alexis Araujo-Quintero y Carla I. Aranguren.....

112

Notes on the genera *Suphisellus* Crotch, 1873 and *Suphisellus* Zimmermann, 1919, a cocktail of encrypted *Suphiselloides* genera (Coleoptera: Noteridae: Noterinae: Noterini).

Mauricio García Ramírez.....

124

Instrucciones a los autores.....

138

Instructions for authors.....

148

Vol. 58, N° 1, Pp. 1-157, Enero-Junio 2024

UNA REVISTA INTERNACIONAL DE BIOLOGÍA PUBLICADA
POR

LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA, MARACAIBO, VENEZUELA



Influencia del régimen hidrológico sobre la composición de sedimentos de manglares en la Bahía de El Tablazo (Sistema de Maracaibo)

Flora Barboza^{1†}, Ana Marta Francisco², Jacinto Sánchez¹ y Ernesto Medina^{2*}

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

* Autor de correspondencia (medinage@gmail.com)

RESUMEN

En las costas de la bahía de El Tablazo, entre el golfo de Venezuela y el estrecho de Maracaibo, se encuentran comunidades de *R. mangle* expuestas a un clima semiárido (500-600 mm de precipitación) bajo un régimen de marea similar. Se seleccionaron tres áreas con diferente escorrentía terrestre y salinidad: a) Capitán Chico (CCh) influenciado por la baja salinidad del agua que circula por el estrecho de Maracaibo, b) Caño Flora (CF) con mayor salinidad derivada del golfo de Venezuela, y c) Caño Paijana (CP) influenciado por la descarga del río Limón. En cada localidad se midió la estructura del manglar y se recolectaron núcleos de sedimento para determinar la concentración de materia orgánica (PPI %), N, P, K, Mg, Ca y Na. La hipótesis central es que estas concentraciones están asociadas con aportes de sedimentos fluviales y mareas. La mayor área basal y altura del manglar se alcanzó en CCh, y en CF el manglar es más denso, con menor diámetro y altura media. En las tres localidades, la concentración de Na en el agua intersticial fue menor que la del agua de mar estándar. Además, PPI % y N disminuyen con la profundidad del sedimento. Las concentraciones de K, N y Na en sedimento delimitan las localidades estadísticamente. Esto sugiere que la diferenciación es determinada por a) la descarga del río Limón (aporte de K), b) el potencial biótico (fracción de N en materia orgánica), y c) la influencia marina por flujos superficiales y subsuperficiales en CP y CF.

Palabras clave: *Rhizophora mangle*, sedimentos, materia orgánica, concentración de cationes, nitrógeno, fósforo

Influence of the hydrological regime on the composition of mangrove sediments in El Tablazo Bay (Maracaibo System)

On the coasts of El Tablazo Bay, between the Gulf of Venezuela and the Strait of Maracaibo, there are communities of *R. mangle* exposed to a semiarid climate (500-600 mm of precipitation) under a similar tidal regime. Three areas with different terrestrial runoff and salinity were selected: a) Capitán Chico (CCh) influenced by the low salinity of the water that circulates through the Strait of Maracaibo, b) Caño Flora (CF) with higher salinity derived from the Gulf of Venezuela, and c) Caño Paijana (CP) influenced by the discharge of the Limón River. In each location, the structure of the mangrove was measured, and sediment cores were collected to determine the concentration of organic matter (PPI %), N, P, K, Mg, Ca, and Na. The central hypothesis is that these concentrations are associated with contributions of fluvial sediments and tides. The largest basal area and height of the mangrove was reached in CCh, and in CF the mangrove is denser, with smaller diameter and average height. In the three localities, the concentration of Na in the interstitial water was lower than that of standard seawater. In addition, PPI % and N decrease with sediment depth. The concentrations of K, N and Na in sediment delimit the localities statistically. This suggests that the differentiation is determined by a) the discharge of the Limón River (K contribution), b) the biotic potential (fraction of N in organic matter), and c) the marine influence by surface and subsurface flows in CP and CF.

Key words: *Rhizophora mangle*, sediments, organic matter, cations concentration, nitrogen, phosphorus

Recibido / Received: 04-04-2024 ~ **Aceptado / Accepted:** 30-05-2024

INTRODUCCIÓN

Los manglares tropicales dominados por *Rhizophora mangle* L. se encuentran principalmente en zonas estuarinas influenciadas en proporciones variables por aguas marinas y escorrentía terrestre (Lugo y Snedaker 1974, Pool *et al.* 1977, Kathiresan 2021). Estos manglares constituyen comunidades dentro de la zona de influencia de marea, de manera que están sometidos a inundaciones diarias y alrededor de sus raíces de zanco se depositan sedimentos provenientes del mar o transportados desde el interior durante el ciclo de marea (Wolanski 1995). El desarrollo estructural de estos manglares está asociado con: a) el transporte de agua dulce en la escorrentía terrestre, que reduce la salinidad del agua de mar y b) los nutrientes minerales constituyentes

de los sedimentos arrastrados. Estas condiciones hidrológicas determinan cambios diurnos en salinidad del agua de inundación y variaciones estacionales e interanuales de la concentración de nutrientes minerales de los sedimentos que se depositan entre sus raíces (Matsui *et al.* 2015).

En la costa occidental de la bahía de El Tablazo y la boca del estrecho de Maracaibo (aproximadamente entre 11,1 y 10,7° N y 71,5 y 77,7° O) se encuentran comunidades de *R. mangle* expuestas a un clima semiárido con 500–600 mm de precipitación anual, con distribución biestacional (picos promedio en mayo y octubre) (Zona de manglar II de Medina y Barboza 2003). Las mareas en El Tablazo y el estrecho de Maracaibo son de tipo mezclado, con fuerte predominio de los componentes semidiurnos capaces de producir un considerable transporte de los sedimentos del fondo, su amplitud media se reduce desde Zapara al norte hasta la entrada del estrecho de Maracaibo al sur, de 110 a 40 cm (Rodríguez 1973).

En esta zona se escogieron tres áreas de manglar que difieren en sus patrones de escorrentía terrestre y salinidad. El objetivo fue determinar en los sedimentos las variaciones de la concentración de materia orgánica en profundidad en relación con las de N, P, K, Mg, Ca y Na. La hipótesis central asume que estas variaciones están asociadas con diferencias en aportes de sedimentos terrígenos e inundación diaria por mareas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Áreas de estudio

Los manglares de las áreas de estudio incluyen variantes de franja y estuarinos por su localización costera y funcionalidad (Lugo y Snedaker 1974, Worthington *et al.* 2020, Kathiresan 2021), y están dominados por *R. mangle* (Fig.1):

A) Punta de Capitán Chico (CCh), al sur de la bahía de El Tablazo, en la zona de contacto con el estrecho de Maracaibo. Se trata de un área con alrededor de 130 ha cubiertas por un manglar puro de *R. mangle* (Pannier y Fraíno de Pannier 1989, Querales *et al.* 2011). Este manglar depende principalmente de las aguas que circulan por el estrecho de Maracaibo, pues la escorrentía superficial proveniente del humedal de Santa Rosa de Aguas ha sido alterada por el desarrollo urbano.



Figura 1. Localización de las áreas de estudio. Mapa elaborado por la Lic. Griselda Velásquez, Unidad de Sistemas de Información Geográfica (UniSIG), Centro de Ecología, IVIC.

B) Boca del Caño Paijana (CP) en el extremo NO de la bahía de El Tablazo (bahía de Urubá): área influenciada por el transporte de sedimentos del río Limón y con posibles aportes salinos subsuperficiales del golfo de Venezuela (Finol y Barrios 1999, Medina et al. 2001, Rivas et al. 2009).

C) Boca de Caño Flora (CF) (denominación provisional) en la sección oriental de la bahía de Urubá: área influenciada por la circulación de agua entre El Tablazo y el golfo de Venezuela.

Dimensiones de las poblaciones de *Rhizophora mangle*

En cada localidad se seleccionó una parcela (1600 m² en CP y CF y 2000 m² en CCh) y en ellas se midió el diámetro de los tallos a la altura de la primera raíz de zanco (DAP \geq 2,5 cm), y la altura de cada árbol mediante un hipsómetro Nikon. Los valores de densidad de árboles (individuos por ha) y DAP se utilizaron para calcular el área basal total por hectárea.

Muestreo de sedimentos y agua intersticial

Las muestras de sedimento superficial (0–40 cm) entre las raíces de zanco se obtuvieron con cilindros de cloruro de polivinilo (PVC) de 5 cm de diámetro, con bordes afilados, incrustados en el suelo (n=5). Los núcleos de suelo extraídos se cortaron en rodajas de 3 cm de espesor, y se secaron en estufa a 65 °C en el laboratorio. El número de muestras analizadas fue de 62 en CCh, 56 en CP y 96 en CP. Las submuestras para análisis químico, previa separación de raíces visibles, se pulverizaron en mortero y se pasaron por tamiz de 1 mm de malla. Alrededor de 1 g de cada muestra de sedimento se incineró en una mufla a 450 °C durante 8 h, para determinar el porcentaje de pérdida de ignición (PPI %), como estimado del % de materia orgánica (Craft *et al.* 1991, Wright *et al.* 2008, Breithaupt *et al.* 2023).

Submuestras paralelas se sometieron a digestión ácida con mezcla binaria H₂SO₄:HClO₄ (relación 4:1), y con pentóxido de vanadio como catalizador. En los digeridos se midió el P total con el método colorimétrico de Murphy y Riley (1962), el N orgánico según el procedimiento de micro Kjeldahl (2100 Kjeltac Distillation Unit y Digestor Foss Tecator, Suecia). Los cationes totales (Na, K, Ca, Mg) se determinaron mediante espectrometría de absorción atómica (Varian, modelo 55B, Australia).

Durante la extracción de los núcleos de sedimentos se tomaron muestras de agua intersticial, a las cuales se les midió la conductividad eléctrica (conductivímetro Cole Palmer Instrumentes Model 19101-00 con celda de platino) y la osmolalidad (osmómetro de presión de vapor Wescor 5500, Logan USA). Para evaluar los cambios causados por el agua de escorrentía en la composición iónica del agua intersticial respecto a la del agua de mar, se utilizó como referencia el estándar propuesto por Millero *et al.* 2008.

Análisis estadístico

Los datos de estructura y concentración de nutrientes por profundidad en cada localidad, se sometieron a un análisis de varianza para estimar la significación de las diferencias entre localidades (test de Tukey-Kramer). Además, se determinó la correlación entre el contenido de materia orgánica (PPI %) y la concentración de elementos estructurales (N y P) y no estructurales (Na, K, Mg, Ca). Finalmente, se hizo un análisis multivariado para determinar si las localidades eran separables estadísticamente mediante la composición elemental de los sedimentos. Los análisis se ejecutaron con el paquete estadístico JMP (2022).

RESULTADOS

Dimensiones de los manglares muestreados

El manglar de CCh alcanzó los mayores valores de diámetro a la altura de la primera raíz de zanco (DAP), área basal y altura, con menor densidad de árboles por ha, mientras que los valores de área basal y altura resultaron similares para los manglares de CP y CF (Tabla 1).

Tabla 1. Características estructurales de las comunidades de *Rhizophora mangle* en las áreas de estudio (de: desviación estándar).

	Área m ²	Densidad indiv/ha	Media DAP cm (± de)	Área basal m ² /ha	Altura m (± de)
Capitán Chico	2000	310	36,7 (7,7)	32,8	23,4 (2,2)
Caño Pajana	1600	356	28,8 (6,6)	23,2	15,3 (2,0)
Caño Flora	1600	387	27,7 (3,8)	23,3	13,6 (4,2)

Agua intersticial

La osmolalidad y conductividad específica del agua intersticial se correlacionan significativamente con el mismo patrón en los tres sitios, y pueden ajustarse a una relación polinomial de 2° grado. Este patrón indica que ambas propiedades están determinadas esencialmente por la concentración de iones, y que la mayor conductividad eléctrica de las muestras de CF se debe probablemente a la influencia

de aguas marinas provenientes del golfo de Venezuela (Fig. 2). Las medias de conductividad por localidad difieren significativamente y son mayores en CF, seguidas por las de CP y CCh (Tabla 2).

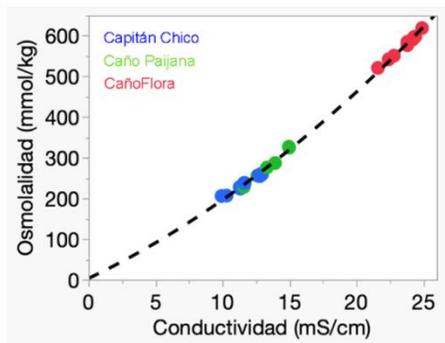


Figura 2. Correlación entre conductividad eléctrica y osmolalidad del agua intersticial en los sitios muestreados.
 $Osm = -98,34636 + 27,813718 * Cond + 0,3628318*(Cond-16,7427)^2$
 R^2 ajustado: 0,999; Cociente F= 10649; $P>F$: <0,0001.

La composición de cationes del agua intersticial muestra el predominio de Na, seguido por Mg, mientras que la concentración de Ca es más variable, aunque siempre menor que la de Mg. El K es el catión con menor concentración en todos los casos. La salinidad del agua intersticial calculada, considerando que el agua de mar estándar (35 ‰) tiene una conductividad de 55 mmhos/cm a 25 °C (CRC Handbook 2007–2008), promedia 7,4 ‰ en Capitán Chico, 8,6 ‰ en Caño Paijana, y 16 ‰ en Caño Flora. Se observa que los cocientes molares Na/K son mayores comparados con el de agua de mar, revelando un enriquecimiento relativo de Na, posiblemente causado que la absorción preferencial de K por las plantas. Por el contrario, los cocientes molares Mg/Ca son menores que el de agua de mar en las tres localidades, lo que sugiere un enriquecimiento relativo de Ca causado por la absorción preferencial de Mg en plantas o por el aporte de la escorrentía terrestre.

Tabla 2. Medias de conductividad y concentración de iones en agua intersticial de suelos en las localidades muestreadas (en las columnas promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente, prueba de Tukey-Kramer P=0,01).

	n	Cond. mmhos/cm	Na -----mmol/L-----	K	Mg	Ca
Capitán Chico	10	11,7 c	149,8 b	3 b	4,5 c	5,3 b
Caño Paijana	8	13,5 b	170,9 b	3 b	9,7 b	10,6 a
Caño Flora	10	23,7 a	369,6 a	6 a	15,3 a	11,7 a
Agua de mar		55	465	10	57	10

Cocientes molares	Na/K	Mg/Ca
Capitán Chico	50,0 b	2,7 b
Caño Paijana	56,9 a	1,9 c
Caño Flora	60,4 a	3,0 a
Agua de mar	46,5	5,7

Sedimentos

Distribución vertical de la concentración de elementos

La concentración de elementos asociados a la composición de la materia orgánica (C, N, y P) por lo general disminuyen con la profundidad, con un patrón que se puede ajustar a una función exponencial, logarítmica o de potencia. Los resultados de los tres sitios de estudio se ajustaron mejor a una relación logarítmica. La magnitud del ajuste se evaluó mediante el coeficiente de determinación R^2 , el cual mide el porcentaje de la variación atribuible a la profundidad.

Las concentraciones medias de PPI % y N en Caño Paijana fueron siempre superiores a las de CCh y CF, cuyos valores se solapan en todo el rango de profundidades analizado (Fig. 3). En CCh la distribución de concentraciones en el perfil es más variable, lo que da como resultado menores valores de R^2 . Las concentraciones de P se solapan en las tres localidades por debajo de 15 cm de profundidad.

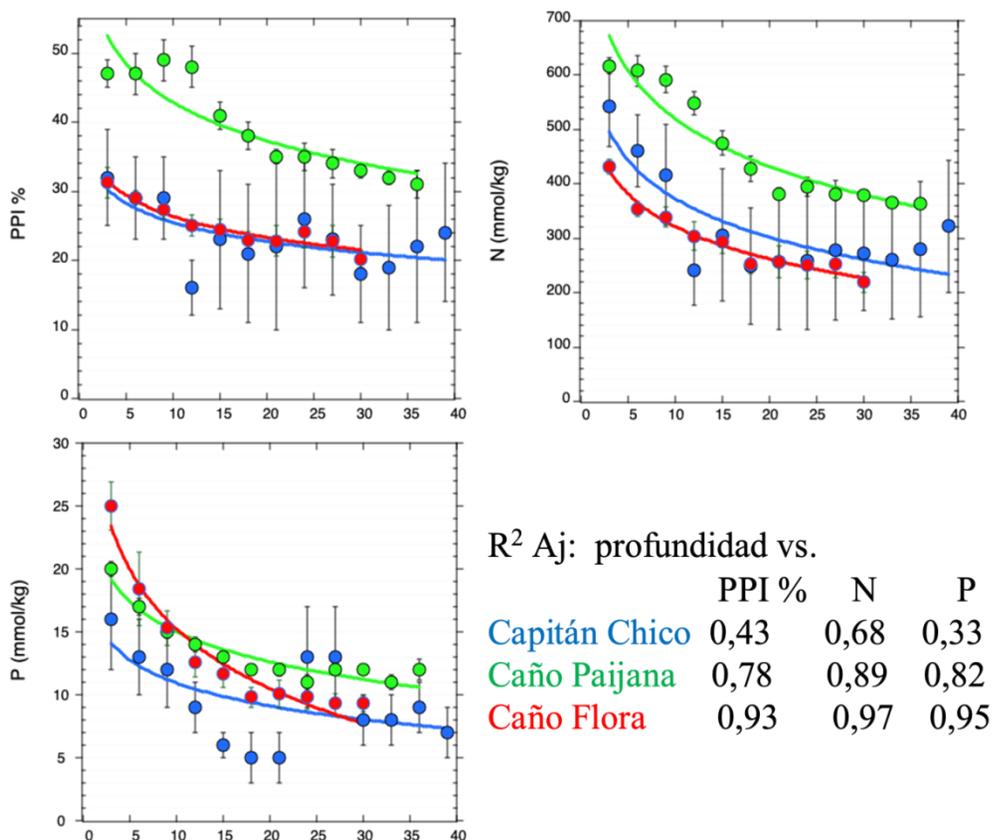
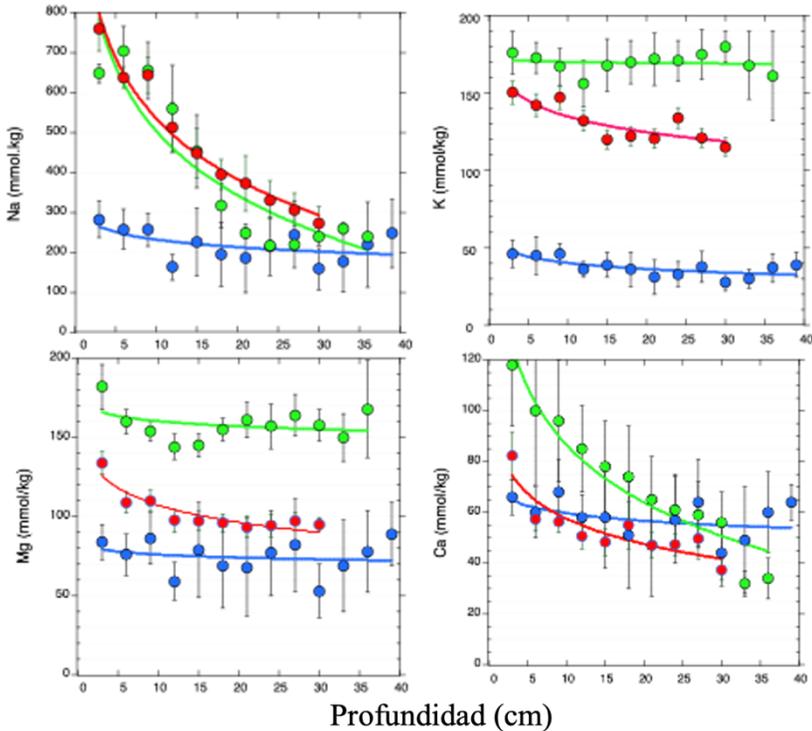


Figura 3. Variación con la profundidad (cm) de la concentración de materia orgánica (PPI %), N y P en suelos de los sitios muestreados (ordenada media \pm error estándar; n=5 excepto para 33 y 36 cm = 4).

Los perfiles de concentración de cationes muestran que los niveles de Na, K y Mg en CCh fueron menores que en las otras dos localidades, e incluyendo al Ca, presentan escasa variación con la profundidad (Fig. 4). En el caso de Na y Ca se observa un patrón decreciente marcado en CP y CF. A profundidades >20 cm las concentraciones de estos elementos son similares en las tres localidades. Es notable que las concentraciones de K y Mg sean más altas en CP, y que hayan variado muy poco con la profundidad, lo que se corresponde con los bajos valores de R^2 para estos elementos.



R^2 Ajustado: profundidad vs.

	Na	K	Mg	Ca
Capitán Chico	0,28	0,54	0,04	0,19
Caño Pajana	0,82	0,01	0,12	0,92
Caño Flora	0,96	0,73	0,84	0,80

Figura 4. Variación de la concentración de cationes (ordenada: media \pm error estándar) con la profundidad (abscisa: cm) en sedimentos de los sitios muestreados (n=5 excepto para 33 y 36 cm =4).

Concentración media de elementos en sedimentos

En los sedimentos muestreados la concentración media de todos los elementos fue mayor en CP y menor en CCh (Tabla 3). Los valores en CF ocuparon una posición intermedia, similares a CP (P, Na y Mg), o a CCh (PPI %, N, K y Ca). Las concentraciones medias de los sedimentos siguieron la secuencia $Na > Mg > Ca > K$ en CCh, y $Na > K > Mg > Ca$ en CP y en CF.

Si se considera que Na y Mg son indicadores de la influencia marina, mientras que K y Ca alcanzan mayor importancia en la escorrentía terrestre, los cocientes iónicos promedio pueden utilizarse para estimar la contribución parcial de cada fuente. Por ejemplo, comparados con CCh, los cocientes Na/K y Mg/K revelan un enriquecimiento relativo de K en CP y CF, asociado con el transporte de sedimentos en la descarga del río Limón en la bahía de Urubá (Tabla 4). Por contraste, los cocientes Na/Ca y Mg/Ca son menores en CCh como consecuencia de la menor concentración de Na en esa localidad.

Tabla 3. Concentración de elementos (media \pm error estándar) en sedimentos de manglar de las localidades muestreadas. PPI %: pérdidas por ignición; concentración de elementos en mmol/kg. En las filas promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente (prueba de Tukey-Kramer, P=0,01).

	Capitán Chico	CañoPaijana	Caño Flora	F	P>F
n	64	56	96		
PPI %	23 (2) b	40 (1) a	25 (1) b	41	<0,0001
N	325 (29) b	468 (14) a	297 (9) b	25	<0,0001
P	9 (1) b	13 (0,4) a	13 (1) a	11	<0,0001
Na	215 (18) b	412 (29) a	474 (23) a	33	<0,0001
K	37 (2) c	170 (4) a	130 (3) b	360	<0,0001
Mg	74 (6) c	157 (3) a	102 (3) a	103	<0,0001
Ca	57 (4) b	74 (6) a	54 (2) b	8	0,0006

Relaciones entre materia orgánica y concentración de elementos

Las regresiones entre materia orgánica (PPI %) y la concentración de elementos son lineales y significativas en todos los casos, excepto para K y Mg en CP. Además, los coeficientes de determinación (R^2) y las pendientes de las regresiones difieren notablemente entre localidades (Fig. 5 y Tabla 5). En CCh los valores de R^2 disminuyen en la secuencia N, Na, Mg, Ca, K y P. En CP los valores de R^2 fueron $\geq 0,5$ solo para el caso de N y Na y en CF solo para N.

Los resultados indican que la composición de los sedimentos depositados en CCh es uniforme en el tiempo, por lo que la proporción de elementos y materia orgánica se mantiene relativamente constante, aunque con mayor variabilidad en el caso del P.

Tabla 4. Cocientes molares de elementos alcalinos y alcalino-térreos en los sedimentos de Capitán Chico y Caño Paijana (medias \pm error estándar) En las filas distintas letras después de la media indican diferencias significativas para $P=0,01$ (prueba de Tukey-Kramer).

	Capitán Chico	Caño Paijana	Caño Flora
n	63	56	96
Cociente molar			
Na/K	5,6 (0,2) a	2,5 (0,3) c	3,4 (0,2) b
Na/Ca	3,7 (0,15) c	7,0 (0,6) b	9,6 (0,5) a
Mg/K	2,0 (0,11) a	1,0 (0,03) b	0,81 (0,02) b
Mg/Ca	1,3 (0,04) c	2,8 (0,18) a	2,1(0,08) b

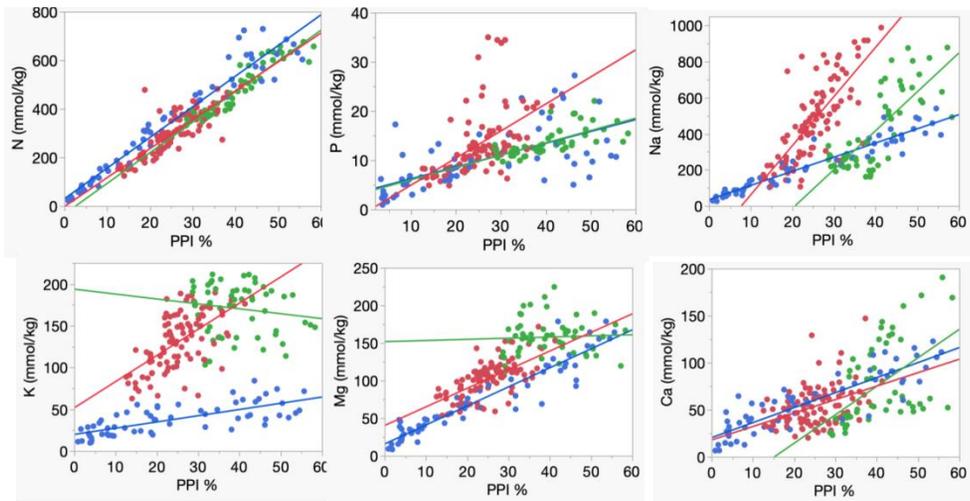


Figura 5. Correlaciones entre el contenido materia orgánica (PPI %) y las concentraciones de N, P y cationes en suelos superficiales (0-40 cm) de los sitios muestreados: Capitán Chico, Caño Paijana y Caño Flora.

Tabla 5. Coeficiente de determinación (R^2 ajustado) y pendiente de la regresión lineal entre PPI % y elementos (* $P < 0,001$; ns: no significativo).

	R^2 aj	pend	R^2 aj	pend	R^2 aj	pend
PPI % vs.	N		P		Na	
Capitán Chico	0,95	12,62*	0,43	0,24*	0,91	7,86 *
Caño Paijana	0,88	12,61*	0,48	0,25 *	0,6	21,56 *
Caño Flora	0,68	11,91*	0,26	0,55 *	0,58	27,29 *
PPI % vs.	K		Mg		Ca	
Capitán Chico	0,53	0,75 *	0,89	2,53 *	0,78	1,59 *
Caño Paijana	0,006	-0,59 ns	-0,02	0,15 ns	0,28	3 *
Caño Flora	0,34	3,13 *	0,42	2,48 *	0,16	1,43 *

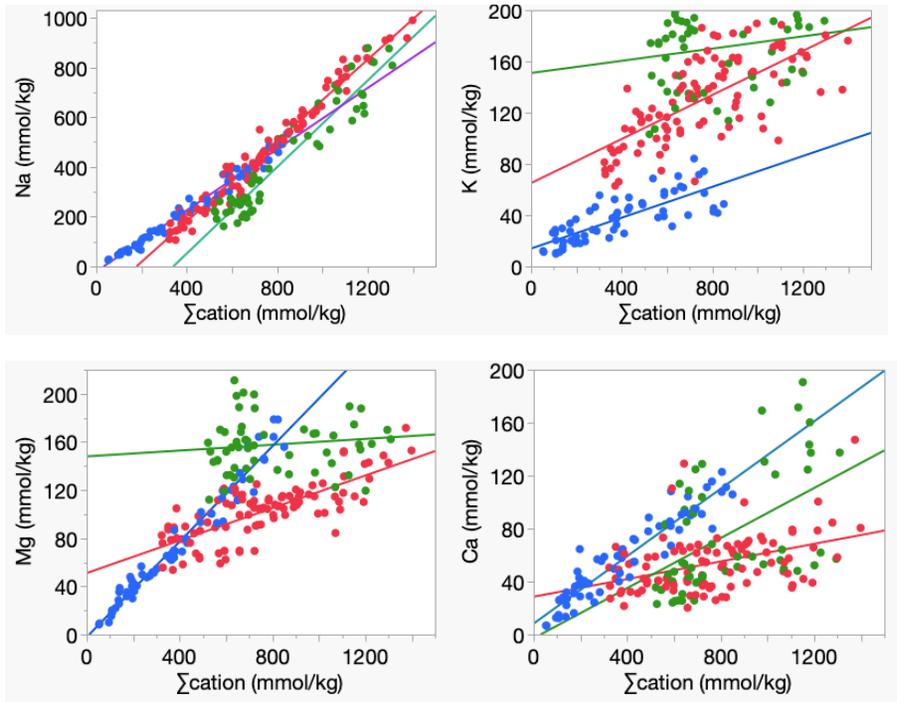
Relaciones entre la suma y proporción de cationes

La concentración de cationes incrementó de forma lineal con la suma total, aunque con pendientes, coeficientes de determinación y concentraciones absolutas muy diferentes entre iones y sitios (Fig. 6 y Tabla 6). Las regresiones son lineales para todos los iones en CCh, con R^2 decrecientes de Na, Ca, K y Mg. En el caso de CP R^2 es mayor de 0,8 para Na, menor de 0,3 para Ca y no es significativo para K y Mg. Para CF las regresiones con Na y Mg alcanzan un $R^2 > 0,9$, indicando de nuevo la influencia de agua de mar del golfo de Venezuela.

Análisis discriminante de los sitios muestreados

Las diferencias observadas en los promedios de concentración permiten discernir la separación geoquímica de los sedimentos, pero la contribución relativa de cada parámetro no es la misma para todos. Mediante un análisis discriminante escalonado se determinó cuál es el conjunto mínimo de variables necesarias para alcanzar una separación estadística significativa entre los sitios. Este análisis arrojó como resultado que las variables K, N y Na son suficientes para clasificar los sedimentos de cada sitio (Fig. 7). La importancia relativa de cada elemento se mide por su valor de F, mayor en K, seguido por N y Na. Este análisis destaca la separación de CCh en

el extremo superior del estrecho de Maracaibo, de las localidades al norte de la bahía influenciadas directamente por las descargas del río Limón (CP) o por el agua de mar del golfo de Venezuela (CF).

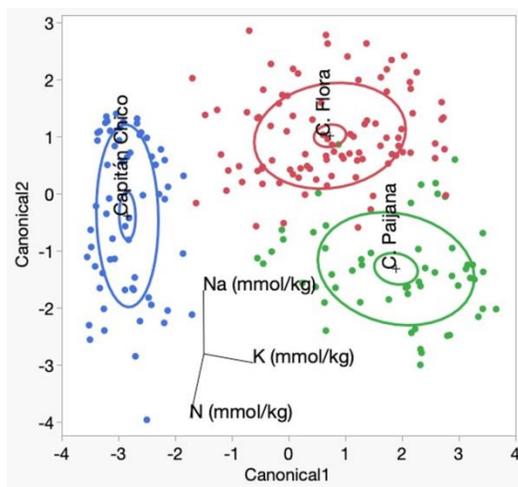


R^2	Σ cationes vs	Na	K	Mg	Ca
0.98	Capitán Chico (64)	0.98	0.61	0.96	0.88
0.91	Caño Paijana (56)	0.91	0.02	0.00	0.25
0.97	Caño Flora (96)	0.97	0.48	0.59	0.16

Figura 6. Correlaciones entre el contenido total de cationes y la fracción correspondiente a cada catión en sedimentos superficiales (0 – 40 cm) de manglares de los sitios muestreados: Capitán Chico, Caño Paijana y Caño Flora.

Tabla 6. Coeficiente de determinación (R^2 ajustado) y pendiente de la regresión lineal entre Σ cationes y cationes (* $P < 0,001$; ns no significativo).

	R^2 aj	pend	R^2 aj	pend
Σ cationes % vs.	Na		K	
Capitán Chico	0,98	0,61 *	0,61	0,06 *
Caño Paijana	0,91	0,87 *	0,02	0,02 ns
Caño Flora	0,97	0,81 *	0,48	0,09 *
Σ cationes % vs.	Mg		Ca	
Capitán Chico	0,59	0,07 *	0,88	0,13 *
Caño Paijana	-0,003	0,01 ns	0,26	0,09 *
Caño Flora	0,97	0,2 *	0,16	0,03 *



N°	Clasificación	R^2
Puntos	errada %	entropía
214	0,93	0,973
		K N Na
Cociente F	292	88 69
P>	<0,000001	

Figura 7. Separación de las localidades muestreadas mediante análisis discriminante cuadrático (covarianza distinta entre grupos), basado en las concentraciones de K, N y Na.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El balance deposicional de materia orgánica en la superficie de suelos de mangle está determinado por procesos bióticos (tasa de mortalidad de tejidos aéreos de las plantas, la mortalidad de raíces, y los procesos de descomposición *in situ*) e hidrológicos (exportación de material autóctono e importación de material alóctono asociadas con el régimen de mareas diarias y la escorrentía). La importancia relativa de la producción y retención de materia orgánica en el suelo, y la deposición de iones de origen marino y fluvial, puede detectarse a través de: a) los elementos que componen la materia orgánica del suelo (C, N y P); b) los elementos derivados del aporte marino (mareas) (principalmente Na y Mg), y c) los elementos en los sedimentos arrastrados por la escorrentía terrestre (principalmente K y Ca). La variación en profundidad de la concentración de materia orgánica dentro del suelo del manglar depende, además, de la intensidad de bioturbación generada por organismos del suelo, tales como cangrejos, anfípoda y moluscos bivalvos (Sarker *et al.* 2021). La materia orgánica del suelo ejerce una influencia significativa sobre la adsorción de cationes, de manera que son de esperar relaciones positivas entre proporción de materia orgánica y concentración de los cationes principales que se encuentran en el agua de inundación diaria por mareas (Martínez *et al.* 2008, Seilsepour y Rashidi 2008, Otero *et al.* 2017).

Los resultados indican que la estructura de la vegetación, la estratificación vertical de la concentración de elementos y las correlaciones entre PPI %, N, P, y cationes, están asociadas con el régimen hidrológico de las localidades muestreadas. En CCh el manglar está influenciado por las bajas salinidades del agua que fluye entre la bahía de El Tablazo y el lago de Maracaibo propiamente, a través del estrecho que los comunica. En el extremo opuesto, CF está expuesto a mayor salinidad y concentración Na por su cercanía al área de contacto entre la bahía de El Tablazo y el golfo de Venezuela (Medina y Barboza 2006). Finalmente, CP está influenciado las descargas de agua y sedimentos del río Limón lo que se refleja en las concentraciones elementales de los sedimentos depositados.

Relación entre estructura y concentración de Na en agua intersticial

Los valores de densidad, área basal y altura se encuentran dentro del rango de variación observado en manglares de franja y de cuenca del Caribe (Pool *et al.* 1977, Urrego *et al.* 2014, Romero-Mujalli y Meléndez 2023), caracterizados por la estrecha

relación entre desarrollo estructural, salinidad del agua intersticial y régimen de precipitación. La mayor área basal y altura de la comunidad se alcanzó en CCh, en asociación con la menor concentración de Na en agua intersticial. En CF, la localidad de mayor salinidad, el manglar era más denso, pero de menor diámetro y altura media que en Caño Pajjana.

Contraste entre concentraciones de agua de mar e intersticial

La concentración de Na en el agua intersticial de todas las localidades es menor que la del agua de mar, la mayor diferencia se observó en CCh (68 %) seguida por Caño Pajjana (63 %) y Caño Flora (21 %). Estas reducciones son de esperar por los aportes de agua dulce del lago y del río Limón, y del agua de mar del golfo de Venezuela, respectivamente. Por otra parte, el marcado incremento en el cociente molar Na/K del agua intersticial, podría deberse a la absorción preferencial de K sobre Na (Rains y Epstein 1967). Un proceso similar (absorción preferencial de Mg sobre Ca) podría explicar las reducciones en el cociente Mg/Ca (Maas *et al.* 1969).

Patrón vertical de concentración de elementos

El patrón observado en PPI % (como indicador de C), N y P, es el resultado del aporte de residuos orgánicos provenientes del dosel y las raíces, que se acumulan en la superficie. Valores similares de salinidad y concentración de N y P en sedimentos han sido reportados para localidades costeras en la bahía El Tablazo (Polo *et al.* 2014). La reducción con la profundidad se debe a la descomposición progresiva de este material seguida por la absorción o lavado de los compuestos simples resultantes (NH_4^+ , NO_3^- , HPO_4^{2-}).

El patrón descendente en profundidad de la concentración, con valores de $R^2 \geq 0,5$, se observa para todos los cationes en CF, para Na y Ca en CP, y solo para K para CCh. La menor variación de los perfiles iónicos observada en CCh se debe posiblemente a que las concentraciones en los sedimentos están determinadas solo por la marea y el flujo de agua través del estrecho de Maracaibo, cuya salinidad es más baja y su composición es más estable.

Las concentraciones de K y Mg en sedimentos disminuyen en la secuencia CP, CF y CCh, probablemente debido al transporte de elementos terrígenos provenientes de la cuenca del río Limón. En el caso del Ca solo se observa este efecto en CP por encima de los 20 cm de profundidad.

Correlaciones entre materia orgánica y concentración de elementos

Las correlaciones entre PPI % y el resto de los parámetros medidos resultaron lineales y significativas ($P < 0,0001$), pero con diferencias notables tanto en R^2 como en pendiente. Así, la correlación PPI % vs. N es similar para las tres localidades en R^2 ($> 0,68$) y en pendientes (≈ 12); mientras que para el P, R^2 es siempre $< 0,5$, con pendientes similares para CCh y CP ($\approx 0,24$) y menores que las de CF (0,55). La elevada correlación observada entre PPI % y N era de esperar por ser componentes estructurales de la biomasa de raíces y hojas (Ferreira *et al.* 2010). En el caso de P, la variabilidad sugiere diferencias en la proporción de P inorgánico entre sitios (Bala Krishna Prasad y Ramanathan 2010).

En CP se observa una desconexión entre concentración de materia orgánica y acumulación de cationes en los casos de K, Mg y Ca, lo cual podría atribuirse al aporte intermitente de sedimentos terrígenos en el caudal del río Limón, provenientes de la cuenca del río Guasare (Finol y Barrios 1999, Rivas *et al.* 2009, Piña *et al.* 2015). La mayor proporción de Na en CF se debe a su cercanía con la zona de transición entre el golfo de Venezuela y la bahía de El Tablazo.

Proporción de cationes

El promedio de las concentraciones de K, Mg y Ca son mayores en CP, y los valores de R^2 de las correlaciones con la suma de cationes no son significativos para K y Mg, y solo explica el 25 % de la variación en Ca. Estimamos que tanto la acumulación y variabilidad de estos cationes en los sedimentos de CP son causados por el arrastre de sedimentos de las zonas kársticas de las cuencas de los ríos Guasare y Socuy, que forman las cabeceras del río Limón (Rodríguez y Galán 2008).

Análisis discriminante

Bastan solo 3 parámetros en orden de importancia K, N y Na para delimitar las localidades de manera significativa. Este resultado sugiere que la diferenciación de sitios es determinada por a) la descarga de sedimentos del río Limón (representada por el aporte de K), b) el potencial biótico (representado por la fracción de N en materia orgánica aportada por la vegetación), y c) la influencia marina por flujos superficiales a través del pasaje de San Bernardo o flujos subsuperficiales en CP y CF.

AGRADECIMIENTOS

A Grisel Velásquez, de la Unidad de Sistemas de Información Geográfica del Centro de Ecología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC),

por la imagen de localización de los sitios de estudio, y a Pamela Navarro, de Ediciones IVIC, por la corrección editorial. A Ariel Lugo del US Forest Service, por su evaluación crítica a la primera versión de este artículo y Héctor Suárez, del Centro de Ecología del IVIC por su apoyo con material bibliográfico. Agradecimiento especial al Comité Editorial del Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas y a los árbitros anónimos por la prolija revisión del texto, que contribuyó a mejorar significativamente la presentación de este artículo.

LITERATURA CITADA

BALA KRISHNA PRASAD, M. Y A. RAMANATHAN. 2010. Characterization of phosphorus fractions in the sediments of a tropical intertidal mangrove ecosystem. *Wetlands Ecology and Management*.18: 165–175. <https://doi.org/10.1007/s11273-009-9157-3>

BREITHAUP, J. L., H. E. STEINMULLER, A. E. ROVAI, K. M. ENGELBERT, J. M. SMOAK, L. G. CHAMBERS, K. R. RADABAUGH, R. P. MOYER, A. CHAPPEL, D. R. VAUGHN, T. S. BIANCHI, R. R. TWILLEY, P. PAGLIOSA, M. CIFUENTES-JARA Y D. TORRES. 2023. An improved framework for estimating organic carbon content of mangrove soils using loss-on-ignition and coastal environmental setting. *Wetlands* 43: 57. [doi10.1007/s13157-023-01698-z](https://doi.org/10.1007/s13157-023-01698-z)

CRAFT, C. B., E. D. SENECA Y S. BROOME. 1991. Loss on ignition and Kjeldahl digestion for estimating organic carbon and total nitrogen in estuarine marsh soils: calibration with dry combustion. *Estuaries*. 14 (2): 175-179.

CRC HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS 2007–2008. Lide D.R. (ed), 88th edition. Taylor & Francis, NY, USA.

FERREIRA, T. O., X. L. OTERO, V. S. DE SOUZA JUNIOR, P. VIDAL-TORRADO, F. MACÍAS Y L. P. FIRME. 2010. Spatial patterns of soil attributes and components in a mangrove system in Southeast Brazil (São Paulo). *Journal Soils Sediments*. 10: 995–1006. <https://doi.org/10.1007/s11368-010-0224-4>

FINOL, S. Y A. BARRIOS. 1999. Validación del modelo SWRRB en la Cuenca del río Guasare, Zulia-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*. 43(1): 17-23.

KATHIRESAN, K. 2021. Mangroves: types and importance. En: Rastogi, R. P.; Phulwaria, M.; Gupta, D. K. (Eds.), *Mangroves: ecology, biodiversity and management* (pp. 1-31). Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-2494-01>

LUGO, A. E. Y S. C. SNEDAKER. 1974. The Ecology of Mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 5: 39-64. <http://dx.doi.org/10.1142/annurev.es.05.110174.000351>.

MAAS, E. V., D. P. MOORE Y B. J. MASON. 1969. Influence of Calcium and Magnesium on Manganese Absorption. *Plant Physiology*. 44:796-800.[doi: 10.1104/pp.44.6.796](https://doi.org/10.1104/pp.44.6.796).

MARTÍNEZ, H. E., J. P. FUENTES Y E. ACEVEDO. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*. 8(1): 68-96. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>

MATSUI, N., W. MEEPOL Y J. CHUKWAMDEE. 2015. Soil Organic Carbon in Mangrove Ecosystems with Different Vegetation and Sedimentological Conditions. *Journal of Marine Science and Engineering*. 3: 1404-1424. <https://doi.org/10.3390/jmse3041404>.

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 F. BARBOZA. 2006. Lagunas costeras del Lago de Maracaibo: distribución, estatus y perspectivas de conservación. *Ecotropicos*. 19(2): 128-139.

MEDINA., E, H. FONSECA, F. BARBOZA Y M. FRANCISCO. 2001. 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: 243-253. <https://doi.org/10.1023/A:1011117008977>

MILLERO, F. J., R. FEISTEL, D. G. WRIGHT Y T. J. MCDUGALL. 2008. The composition of Standard Seawater and the definition of the Reference-Composition Salinity Scale. *Deep-Sea Research*. I55(1): 50-72. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2007.10.001>

MURPHY, J. Y J. P. RILEY. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*. 27: 31-36. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)88444-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5)

OTERO, X. L., A. MÉNDEZ, G. N. NÓBREGA, T. O. FERREIRA, W. MELÉNDEZ, Y F. MACÍAS. 2017. High heterogeneity in soil composition and quality in different mangrove forests of Venezuela. *Environmental Monitoring and Assessment*. 189:511. DOI:10.1007/s10661-017-6228-4

PANNIER F. Y R. FRAINO DE PANNIER. 1989. Los manglares de Venezuela. Colección Cuadernos Lagoven. Caracas. 68 pp.

PIÑA, B., A. VILLALOBOS Y A. ARRIETA. 2015. Estudio del ion sulfato como indicador de sustentabilidad en la cuenca del río Guasare, estado Zulia. DOI: 10.13140/RG.2.1.4208.2722

POLO, C., J. C. MARÍN, J. ROJAS, E. BEHLING, M. MEZA, A. FERNÁNDEZ Y J. FLORES. 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., S. C. SNEDAKER Y A. E. LUGO. 1977. Structure of Mangrove Forests in Florida, Puerto Rico, Mexico, and Costa Rica. *Biotropica*. 9 (3): 195-212. <https://doi.org/10.2307/2387881>.

ROMERO MUJALLI G. Y W. MELENDEZ. 2023. Nutrients and trace elements of semiarid dwarf and fully developed mangrove soils, northwestern Venezuela. *Environmental Earth Sciences*. 82: 51. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10701-5>

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 (2): 177–190.

RAINS, D. W. Y E. EPSTEIN. 1967. Preferential absorption of potassium by leaf tissue of the mangrove, *Avicennia marina*: an aspect of halophytic competence in coping with salt. *Australian Journal of Biological Sciences*. 20(5): 847-857. <https://doi.org/10.1071/BI9670847>

RAINS, D. W. Y E. EPSTEIN. 1967. Sodium absorption by barley roots: role of the dual mechanisms of alkali cation transport. *Plant Physiology*. 42 (3): 314-318.

RIVAS, Z., J. SÁNCHEZ, F. TRONCONE, R. MÁRQUEZ, H. LEDO DE MEDINA, M. COLINA Y E. GUTIÉRREZ. 2009. Nitrógeno y fósforo totales de los ríos tributarios al

sistema lago de Maracaibo, Venezuela. *Interciencia*. 34(5): 308-314. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442009000500004&lng=es&nrm=iso

RODRÍGUEZ, G. 1973. El sistema de Maracaibo: biología y ambiente. Venezuela: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.

RODRÍGUEZ, L. M. Y C. GALÁN. 2008. Las zonas kársticas de la Sierra de Perijá, Venezuela: cavidades estudiadas y rasgos geológico-estructurales. *Boletín Sociedad Venezolana Espeleología*. 42: 7-19.

URREGO, L. E., E. C. MOLINA Y J. A. SUÁREZ. 2014. Environmental and anthropogenic influences on the distribution, structure, and floristic composition of mangrove forests of the Gulf of Urabá (Colombian Caribbean). *Aquatic Botany*. 114: 42–49. <https://doi:10.1016/j.aquabot.2013.12.006>

SARKER, S., M. MD MASUD-UL-ALAM, M. S. HOSSAIN, S. R. CHOWDHURY Y S. M. SHARIFUZZAMAN. 2021. A review of bioturbation and sediment organic geochemistry in mangroves. *Geological Journal*. 56(5): 2439-2450. DOI:10.1002/gj.3808

SEILSEPOUR, M. Y M. RASHIDI. 2008. Prediction of soil cation exchange capacity based on some soil physical and chemical properties. *World Applied Sciences Journal* 3 (2): 200-205. [http://www.idosi.org/wasj/wasj3\(2\)/6.pdf](http://www.idosi.org/wasj/wasj3(2)/6.pdf)

WOLANSKI, E. 1995. Transport of sediment in mangrove swamps. *Hydrobiologia*. 295: 31–42. <https://doi.org/10.1007/BF00029108>

WORTHINGTON, T. A., P. S. E. ZU ERMGASSEN, D. A. FRIESS, K. W. KRAUSS, C. E. LOVELOCK, J. THORLEY, R. TINGEY, C. D. WOODROFFE, P. BUNTING, N. CORMIER, D. LAGOMASINO, R. LUCAS, N. J. MURRAY, W. J. SUTHERLAND Y M. SPALDING. 2020. A global biophysical typology of mangroves and its relevance for ecosystem structure and deforestation. *Scientific Reports*. 10, 14652 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71194-5>

WRIGHT, A. L., Y. WANG Y K. R. REDDY. 2008. Loss-on-Ignition Method to Assess Soil Organic Carbon in Calcareous Everglades Wetlands. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 39(1920): 3074-3083. <https://doi.org/10.1080/00103620802432931>.

BOLETIN
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
 AN INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOLOGY
 PUBLISHED BY THE UNIVERSITY OF ZULIA, MARACAIBO, VENEZUELA
 Vol.58, No1, Pp. 1-157, January-June 2024

Phenotype of resistance into MLSB and structural typing of the Staphylococcal Cassette Chromosome <i>mec</i> (SCC<i>mec</i>) in methicillin-resistant <i>S. aureus</i> coming from hands of food handlers	
<i>Victor Pico-Bracho, Jhoandry Rivera-Salazar, Velina Aranaga-Natera, Isabel Mujica de Fernández, Yolaimis La Paz-Delgado e Irene Zabala-Díaz.....</i>	1
<i>Paracymus</i> from Venezuela (Coleoptera: Hydrophilidae: Laccobiini), Part VII: Record of six new species.	
<i>Mauricio García Ramírez.....</i>	20
Influence of the hydrological regime on the composition of mangrove sediments in El Tablazo Bay (Maracaibo System).	
<i>Flora Barboza, Ana Marta Francisco, Jacinto Sánchez y Ernesto Medina.....</i>	45
Descubrimiento de dos nuevos géneros de escarabajos acuáticos detritívoros Toneroides, en el Amazona venezolano (Coleoptera: Noteridae: Noterinae).	
<i>Mauricio García Ramírez.....</i>	67
<i>Scientific Notes.</i>	
New observations and expansion of the altitudinal range of wood stork <i>Mycteria americana</i> (Linnaeus, 1758) in the Venezuela Andes, suggest movements between bioregions.	
<i>Luis A. Saavedra, Alexis Araujo-Quintero y Carla I. Aranguren.....</i>	112
Notes on the genera <i>Suphisellus</i> Crotch, 1873 and <i>Suphisellus</i> Zimmermann, 1919, a cocktail of encrypted <i>Suphiselloides</i> genera (Coleoptera: Noteridae: Noterinae: Noterini).	
<i>Mauricio García Ramírez.....</i>	124
Instrucciones a los autores.....	138
Instructions for authors.....	148