

Caracterización florística y estructural de las formaciones de manglar de las parroquias Tachina y Camarones, Esmeraldas - Ecuador

Floristic and structural characterization of the mangrove formations of the Tachina and Camarones parishes, Esmeraldas – Ecuador

Laura Suarez¹ , Edison Velasco¹ , Gabriel Suarez² 

Siembra 13 (2) (2026): e6896

DOI: [10.29166/siembra.v13i2.6896](https://doi.org/10.29166/siembra.v13i2.6896)

Recibido: 07/07/2024

Revisado: 07/10/2024 / 07/11/2025 / 03/06/2026

Aceptado: 26/05/2026



¹ Universidad Técnica Luis Vargas Torres. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Forestal. Tachina. 080150. Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador.

² Universidad Técnica Luis Vargas Torres. Facultad de Ingenierías, Carrera de Tecnologías de la información. Tachina. 080150. Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador.

Correspondencia: lauritasuarezsoto@gmail.com

Resumen

Los manglares son ecosistemas costeros que proporcionan múltiples bienes y servicios, dependen de la salinidad, temperatura y nutrientes. El estudio se llevó a cabo en la zona costera del cantón Esmeraldas, con el objetivo de caracterizar florística y estructuralmente las formaciones de manglar de las parroquias Tachina y Camarones, analizando parámetros físicos-químicos del suelo y agua. Se estableció cuatro bloques permanentes de monitoreo [BPM], ubicándose el primero (B1) en el sector de Achilube, el segundo y tercero (B2 y B3) en el sector Colope y el cuarto (B4) en el sector El Edén. Se estableció tres parcelas circulares de 500 m² en cada BPM para registrar los datos, y se tomaron muestras de suelo y agua. Se registró un total de 2360 individuos de mangle, abarcando cuatro especies; *Rhizophora harrisonii*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*. El B2 mostró una mayor riqueza florística, registrando cuatro tipos de especies. La especie con mayor distribución es *Avicennia germinans*, presente en tres bloques de estudio. Los hallazgos de la investigación clasifican el B1 como sucesión primaria con predominancia de brinzal, los B2 y B3 representan sucesión secundaria con predominancia de árboles juveniles y el B4 se encuentra en un alto estado de vulnerabilidad. El análisis de suelo mostró niveles bajos de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en la mayoría de los BPM. Las correlaciones revelaron la relación de *Laguncularia racemosa* con el zinc y la relación de *Rhizophora harrisonii* con N, Ca, Mn y materia orgánica. La conductividad eléctrica indicó la influencia de la salinidad en la distribución de las especies.

Palabras clave: distribución espacial, diversidad arbórea, ecología del manglar, estructura del manglar.

Abstract

Mangroves are coastal ecosystems that provide multiple goods and services and depend on salinity, temperature, and nutrients. The study was carried out in the coastal area of Esmeraldas Canton, with the objective of floristically and structurally characterizing the mangrove formations of the Tachina and Camarones parishes, analyzing the physicochemical parameters of soil and water. Four permanent monitoring blocks (PMBs) were established, with the first (B1) located in the Achilube sector, the second and third (B2 and B3) in the Colope sector, and the fourth (B4) in the El Edén sector. Three circular plots of 500 m² were established in each PMB to record the data, and soil and water samples were collected. A total of 2,360 mangrove individuals were recorded, comprising four

SIEMBRA

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA>

ISSN-e: 2477-8850

Periodicidad: semestral

vol. 13, núm 2, 2026

siembra.fag@uce.edu.ec



© Los Autores 2026

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución - NoComercial

species: *Rhizophora harrisonii*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans*, and *Conocarpus erectus*. B2 showed greater floristic richness, recording four species. The species with the greatest distribution was *Avicennia germinans*, present in three study blocks. The findings classified B1 as primary succession with predominance of seedlings, B2 and B3 as secondary succession with predominance of juvenile trees, and B4 as being in a high state of vulnerability. Soil analysis showed low levels of organic matter, nitrogen, and phosphorus in most PMBs. The correlations revealed the relationship of *Laguncularia racemosa* with zinc and the relationship of *Rhizophora harrisonii* with N, Ca, Mn, and organic matter. Electrical conductivity indicated the influence of salinity on species distribution.

Keywords: mangrove ecology, mangrove structure, spatial distribution, tree diversity.

1. Introducción

Los manglares están ubicados en zonas tropicales costeras, dependen de factores principales como la salinidad, temperatura, mareas y nutrientes del suelo, son humedales boscosos productivos que absorben una gran cantidad de CO₂ (Alongi, 2021). Tienen una alta capacidad de tolerancia a la salinidad del mar, cumplen funciones ecológicas, económicas y químicas (Amel et al., 2023). Se sitúan al nivel del mar, comúnmente en zonas intertidales de estuarios y en los puntos donde los ríos desembocan al mar (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE] y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014), se pueden distribuir de diferentes maneras por preferencias en la salinidad y el tipo de suelo (Mejía et al., 2014). Interactúan en diferentes grados entre las condiciones oceánicas, climáticas, geomorfológicas y edáficas, teniendo repercusión en la disponibilidad del agua y de los nutrientes (Mira et al., 2019).

Están constituidos principalmente por árboles de mangle que proporcionan refugio y alimento a diversos organismos, además de filtrar el agua, liberar oxígeno y proteger las costas de la degradación y la erosión (Limmon et al., 2023). Según MAATE y FAO (2014), en Ecuador se encuentran las siguientes especies de mangle: *Rhizophora mangle*, *R. racemosa*, *R. harrisonii*, *Laguncularia racemosa* var. *racemosa*, *L. racemosa* var. *glabriflora* y *Avicennia germinans*.

La productividad de los manglares está relacionada con los micro y macronutrientes que a su vez están estrechamente relacionados entre sí, cuando existe un aumento en productividad primaria de los manglares existe una mayor absorción y una rápida rotación de los nutrientes (Alongi, 2021). Según Mira et al. (2019) la riqueza del bosque de manglar se maximiza en condiciones de suelos salobres donde hay disponibilidad de nutrientes y un pH del suelo alto.

Los manglares obtienen los nutrientes esenciales para su desarrollo del suelo y del agua intersticial, por lo tanto, el suelo es clave para evaluar la disponibilidad de los nutrientes. Los macronutrientes necesarios

son nitrógeno [N], fósforo [P], azufre [S], magnesio [Mg], calcio [Ca] y potasio [K]. Los micronutrientes son hierro [Fe], manganeso [Mn], cobre [Cu], zinc [Zn], níquel [Ni], molibdeno [Mo], boro [B], cloruro [Cl-], sodio [Na], silicio [Si], cobalto [Co], selenio [Se] y aluminio [Al] (Alongi, 2021). Los manglares son sistemas complejos que exhiben una alta productividad primaria y facilitan un intercambio de energía (nutrientes) con áreas circundantes y el entorno acuático. Este intercambio es mayormente impulsado por los procesos de descomposición (Torres et al., 2018).

Existen tres tipos de ecosistemas de manglares según la estructura del bosque, la productividad, las especies de mangle y los procesos ecológicos, estos son: manglares de ribera, de cuenca y de borde (Bodero y Robadue, 1995). Al comprender zonas de desove y criaderos de muchas especies los manglares se han convertido en fuente de subsistencia de muchas comunidades costeras (Beitl et al., 2020); a través de la pesca, la recolección de crustáceos, la agricultura y el turismo (Quispe et al., 2021). Más de 10000 familias de la costa ecuatoriana dependen de los manglares como su principal medio de vida (Rodríguez, 2022).

La contaminación y sobreexplotación de los recursos del ecosistema de manglar generan problemas significativos que afectan gravemente a las comunidades humanas que dependen de estos ecosistemas (Carrera et al., 2017; Yépez Rendón, 2021). La principal causa de destrucción de los bosques de manglar es su conversión a otros usos (Kusmana, 2014). Además, el cambio de suelo pantanosos a arenoso, impulsado por factores naturales y antrópicos, destruye la vegetación y favorece al crecimiento de maleza lo que atrae especies no relacionadas al manglar y agota los nutrientes y organismos del suelo (Numbere y Obanye, 2023).

Según Carrera y Vicente da Silva (2019), también la problemática ambiental de los manglares está relacionada con el proceso de degradación causado por la instalación de camaroneras en áreas de manglar. La pérdida de estos ecosistemas se debe principalmente a la tala de árboles de mangle para la implementación de piscinas camaroneras (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos por Sensores Remotos [CLIRSEN], 1990; Malik et al., 2017) así como

a la agricultura, la ganadería, el crecimiento urbano y la explotación maderera en estas zonas vulnerables (Díaz, 2011).

En Ecuador, los manglares se encuentran protegidos por un marco legal que busca conservar estos ecosistemas y garantizar los derechos de las comunidades que dependen de ellos (López Rodríguez, 2020; MA-ATE y FAO, 2014). Su conservación, manejo y uso sostenible depende del conocimiento intrínseco de estos ecosistemas y de la valorización de sus funciones o servicios ambientales (Rodríguez Villón, 2015). El diagnóstico de los manglares para su protección, recuperación y restauración permite garantizar el flujo de los servicios ambientales que generan (Suárez, 2016).

En el cantón Esmeraldas, los estudios de biodiversidad y estructura arbórea se han concentrado exclusivamente en el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas [RVSMERE], como lo evidencian las evaluaciones de Bruno Waibel (2019), Drouet Yáñez (2019) y Andrade Chica (2019), enfocadas únicamente en esta área protegida. La falta de investigación de las formaciones de manglar del perfil costanero limita la aplicación de medidas de conservación y favorece al deterioro del ecosistema. Según la evidencia presentada por Morocho et al. (2022), quienes afirman que en Ecuador la mayor efectividad de conservación y recuperación del manglar se relaciona con su ubicación dentro de las áreas protegidas y bajo acuerdos de uso y custodia.

Aunque en las parroquias Tachina y Camarones se encuentran formaciones de manglar, las investigaciones sobre el diagnóstico estructural arbóreo, florístico y factores de desarrollo son escasas o inexistentes. Siendo esta investigación la primera iniciativa en estudiar las formaciones de manglar del cantón Esmeraldas, excluyendo el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas. Proporcionando así información para la recuperación de estos espacios bajo criterio de sostenibilidad, por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo caracterizar florística y estructuralmente las formaciones de manglar de las parroquias Tachina y Camarones, analizando los parámetros físicos-químicos del suelo y agua.

2. Materiales y Métodos

2.1. Lugar de investigación

La zona costera del cantón Esmeraldas corresponde a las parroquias urbanas Esmeraldas, Luis Tello y Bartolomé Ruiz, así como a las parroquias rurales Tachina y Camarones. Las formaciones de manglar seleccionadas en Tachina y Camarones producto de

la exploración preliminar, fueron definidas en función de la problemática ambiental identificada en el área de estudio.

Tachina presenta zonas de manglar que se distribuyen principalmente en los sectores estuarinos asociados al río Esmeraldas y al estero Tachina, predominan suelos limo arcillosos blandos e influenciados por las mareas. Presenta áreas con cobertura fragmentadas por procesos de deforestación y acción antrópica, con remanentes de manglar mezclados con vegetación secundaria (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Tachina, 2019).

En la parroquia Camarones los manglares se localizan en la franja estuarina del estero Camarones y en sectores bajos vinculados a la cuenca del río Colope. Estas formaciones crecen en suelos saturados y depósitos aluviales finos, característicos de las llanuras litorales. Su cobertura vegetal está determinada por parches de manglar rodeados de zonas agropecuarias y plantaciones forestales (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Camarones, 2020).

2.2. Tamaño de muestra

Se utilizó la tipología de manglar como referencia para la distribución de las áreas de estudio. Se consideró dos áreas en el sector Colope para obtener un rango más amplio de información, dado que las formaciones de manglar en esta área se encuentran en dos desembocaduras significativas: el río Colope y el estero Colope.

Se establecieron cuatro bloques de estudio, denominados bloques permanentes de monitoreo [BPM]. El primero (B1) en el sector de Achilube de la parroquia Tachina; el segundo (B2) y el tercero (B3) en el sector Colope de la parroquia Camarones; y el cuarto (B4) en el sector El Edén, también de la parroquia Camarones (Tabla 1).

Se instalaron tres parcelas circulares de 500 m² en cada BPM para la toma de datos dasométricos, como lo establecen Melo y Vargas (2003). La ubicación de los BPMs se observa en la Figura 1.

En cada parcela se identificó y midió todos los individuos de mangle a partir de los 30 cm de altura. El diámetro del tallo del brinjal de una altura de 30 cm a 130 cm se midió por arriba del primer nudo de la plántula; sin embargo, los brinzales con alturas entre 130 cm y 150 cm fueron medidos a la mitad de su altura total. Para los individuos de la categoría latizal (de 150 cm a 300 cm) y arbóreo o fustal (mayor a 3 m) se midió su circunferencia a la altura del pecho (Cap) a una altura de 1,30 m desde el suelo con excepción de la especie *Rhizophora harrisonii*, que se midió 30 cm por encima de la última raíz aérea.

Tabla 1. Coordenadas UTM (Zona 17S, Datum WGS84) de parcelas de los bloques permanentes de monitoreo.
Table 1. UTM Coordinates (Zone 17S, WGS84 Datum) of the Permanent Monitoring Block Plots.

BPM	Parcelas	X	Y
B1	1	654752	10108992
	2	654383	10109027
	3	654520	10109000
B2	1	665844	10112795
	2	665674	10112530
	3	665562	10112354
B3	1	668102	10114023
	2	668058	10113961
	3	668140	10113924
B4	1	669104	10114501
	2	669023	10114447
	3	668941	10114513

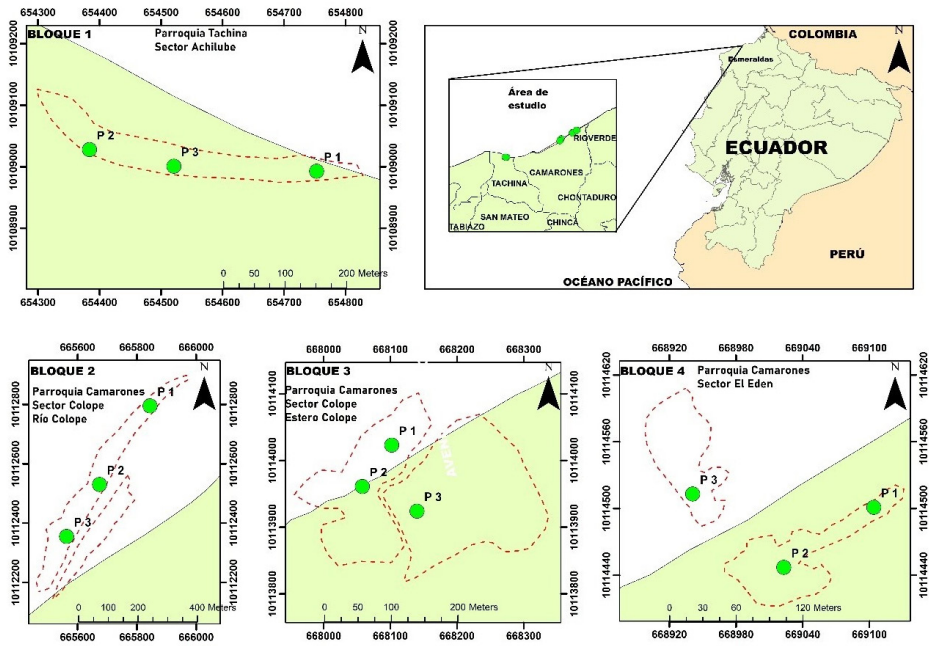


Figura 1. Bloques permanentes de monitoreo.
Figure 1. Permanent monitoring blocks.

2.3. Recolección de muestras de suelo

Se realizó cavidades a una profundidad de 30 cm, mezclando las muestras homogéneamente para tener una muestra representativa de cada bloque. Se colocó en 0,5 kg de suelo en fundas ziploc, siguiendo la metodología de Torán Figueroa (2020), con el objetivo de determinar las variables físico-químicas del suelo que comprende macroelementos como N, P, K; microelementos como Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn; potencial de hidrógeno [pH] y materia orgánica [MO]. De los puntos de muestras de suelo, se recolectó agua

intersticial que se colocó en un recipiente de un litro, para medir la conductividad eléctrica del agua, como sugiere Andrade Chica (2019).

Para el cálculo del área basal [AB, m²] en la zona de estudio, se utilizó con la ecuación [1], donde D es el diámetro a la altura de pecho [Dap]. El área basal para cada especie se obtuvo a partir de la sumatoria del área basal de los individuos de esa especie en cada BPM.

$$AB = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

[1]

Para el cálculo del índice de valor de importancia [IVI] de las especies de manglar, se empleó la ecuación [2].

$$IVI = Ar\% + Fr\% + Dr\% \quad [2]$$

Cada componente del IVI, se determinó de la siguiente manera:

- La abundancia relativa [Ar%] se calculó conforme a la ecuación [3], donde ni es el número de individuos de la i -ésima especie, y N es el número de individuos totales en la muestra.

$$Ar\% = \left(\frac{ni}{N}\right) \times 100 \quad [3]$$

- La frecuencia relativa [Fr%] se calculó conforme a la ecuación [4], donde Fa es la frecuencia absoluta de la especie y $\sum Fa$ es la sumatoria de la frecuencia absoluta. Fa fue calculada con la ecuación [5], donde Ne es el número de parcelas en las que aparece la especie, y Tp es total de parcelas muestreadas,

$$Fr\% = \left(\frac{Fa}{\sum Fa}\right) \times 100 \quad [4]$$

$$Fa = \left(\frac{Ne}{Tp}\right) \quad [5]$$

- La dominancia relativa [Dr%] se calculó con la ecuación [6], donde Da es la dominancia absoluta (es el área basal por hectárea de cada especie), y $\sum Da$ es la sumatoria de la dominancia absoluta

$$Dr\% = \left(\frac{Da}{\sum Da}\right) \times 100 \quad [6]$$

El índice de valor de importancia obtenido mediante la sumatoria de los tres componentes proporciona el resultado de las diferentes categorías de tamaño en los BPM para el análisis ecológico de las formaciones de manglar.

2.4. Análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos se utilizó el software Microsoft Excel 2021 y Statistical Package for the Social Sciences versión 29 (IBM SPSS), para evaluar la correlación de los datos se aplicó el modelo propuesto por Spearman.

3. Resultados

3.1. Análisis dasométricos

En los cuatro BPM del área de estudio, se registró 2360 individuos distribuidos en las 12 parcelas instaladas, abarcando cuatro especies; *Rhizophora harrisonii*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*. *Laguncularia racemosa* fue la especie con mayor número de individuos, con 1395 (Figura 2).

En la Figura 3 se presenta la distribución de los individuos de los BPM en las parcelas de muestreo. En el B1, la parcela 3 registró mayor abundancia con 422 individuos. En el B2, destacó la parcela 2 con 532 individuos. En el B3, las parcelas 1 y 3 mostraron la mayor cantidad, ambas con 160 individuos.

El B1 registra dos especies, siendo *Laguncularia racemosa* la más predominante, seguida de *Avicen-*

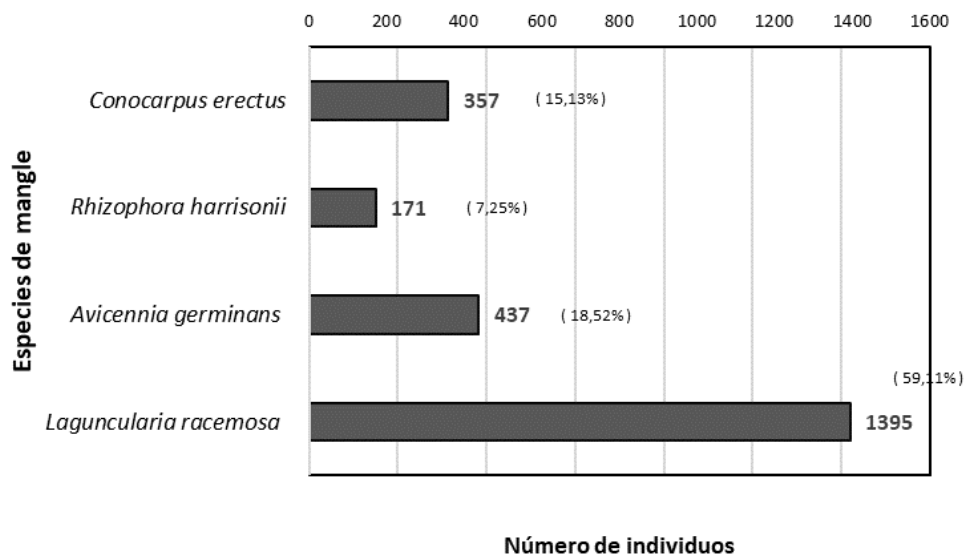


Figura 2. Total de individuos por especie.

Figure 2. Total individuals per species.

nia germinans. El B2 presentó cuatro especies, donde *Laguncularia racemosa* mostró la mayor abundancia, seguida de *Avicennia germinans*; mientras que *Rhizophora harrisonii* y *Conocarpus erectus* registraron menores densidades. El B3, también con cuatro especies, se observó una mayor dominancia de *Conocarpus erectus*, seguida de *Rhizophora harrisonii*; en este bloque, *Avicennia germinans* presentó un valor inferior, al igual que *Laguncularia racemosa*. finalmente, el B4 presentó dos especies: *Conocarpus erectus* y *Avicennia germinans* (Figura 4).

3.2. Categoría de tamaño y resumen de diámetros y altura

El análisis por categoría de tamaño evidenció una estructura poblacional heterogénea entre los bloques. En Brinzal la mayor concentración de regeneración se registró en el B1, mientras que los demás bloques registraron valores bajos. En Latizal, la distribución se concentró principalmente en los B1 y B2, mostran-

do una transición hacia estados intermedios de desarrollo. En el estrato arbóreo, el B2 presentó la mayor concentración de individuos adultos, con diámetros y alturas superiores del resto de bloques (Tabla 2). En la Tabla 3 se muestra variación notable entre especies y bloques. *Laguncularia racemosa* presentó su mayor diámetro promedio en el B2, mientras que *Avicennia germinans*, y *Rhizophora harrisonii* registraron valores más altos en el B3, En el caso de *Conocarpus erectus* el mayor promedio se observó en el B2. El B3, concentró los diámetros máximos de todas las especies evaluadas, destacando *Conocarpus erectus* con el mayor valor registrado. En la Tabla 4 se evidencia la variación en las alturas promedio entre especies y bloques. *Laguncularia racemosa* alcanzó su mayor promedio en el B2, al igual que *Rhizophora harrisonii* y *Conocarpus erectus*, mientras que *Avicennia germinans* registró su mayor altura promedio en el B3. Los bloques B2 y B3 presentaron las alturas máximas para todas las especies, alcanzando valores hasta 16 m de altura.

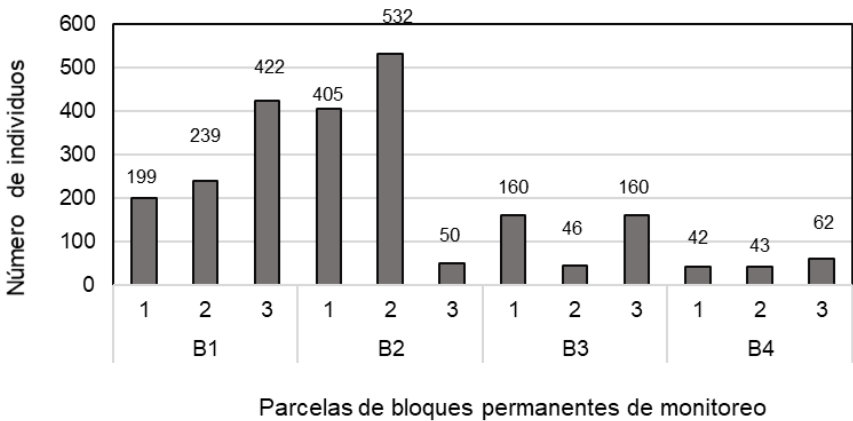


Figura 3. Número de individuos por parcela en los bloques permanentes de monitoreo.
Figure 3. Number of individuals per plot in the permanent monitoring blocks.

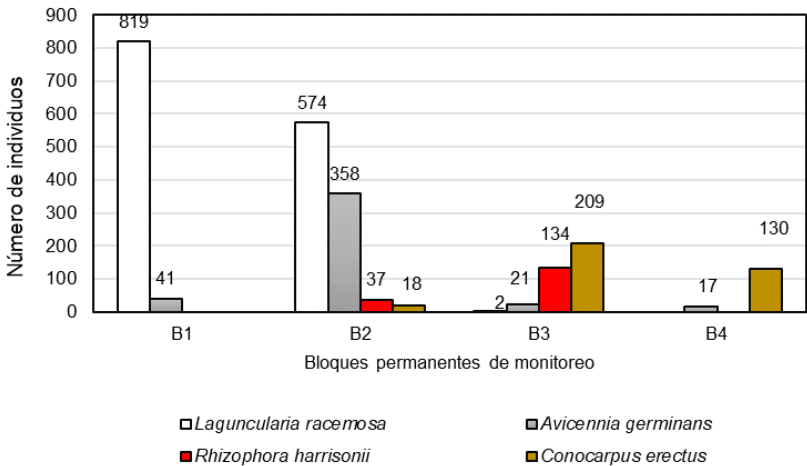


Figura 4. Número de especies por bloque permanente de monitoreo.
Figure 4. Number of species per permanent monitoring block.

Tabla 2. Categoría de tamaño por especie en los bloques permanente de monitoreo.
Table 2. Size category by species in the permanent monitoring blocks.

Brinzal (31 cm a 150 cm)					
Especie	B1	B2	B3	B4	Total
<i>Laguncularia racemosa</i>	407	0	0	0	407
<i>Avicennia germinans</i>	40	0	1	0	41
<i>Rhizophora harrisonii</i>	0	2	104	0	106
<i>Conocarpus erectus</i>	0	0	10	3	13
TOTAL	447	2	115	3	567
Latizal (151-300 cm)					
Especie	B1	B2	B3	B4	Total
<i>Laguncularia racemosa</i>	84	26	0	0	110
<i>Avicennia germinans</i>	0	25	1	1	27
<i>Rhizophora harrisonii</i>	0	6	19	0	25
<i>Conocarpus erectus</i>	0	0	32	29	61
TOTAL	84	57	52	30	223
Arbórea ≥ 301 cm					
Especie	B1	B2	B3	B4	Total
<i>Laguncularia racemosa</i>	328	548	2	0	878
<i>Avicennia germinans</i>	1	333	19	16	369
<i>Rhizophora harrisonii</i>	0	29	6	0	35
<i>Conocarpus erectus</i>	0	18	167	98	283
TOTAL	329	928	194	114	1565

3.3. Área basal

El B3 registró el mayor valor de área basal total (2,686 m²), con dominancia de *Conocarpus erectus* (1,7149 m²), seguida de *Avicennia germinans* (0,8633 m²). *Rhizophora harrisonii* y *Laguncularia racemosa* presentaron valores considerablemente menores (con 0,0588 m² y 0,0013 m² respectivamente). El B2 obtuvo valores elevados debido a la contribución de *Laguncularia racemosa* (1,099 m²) y *Avicennia germinans* (0,9132 m²). Los bloques con menores áreas basales fueron el B4 (0,8246 m²), dominado por *Conocarpus erectus* (0,6747 m²) y el B1 (0,2469 m²), donde *Laguncularia racemosa* presentó el mayor aporte al área basal (Figura 5).

3.4. Índice de valor de importancia

El IVI mostró variaciones en la dominancia de especie según la categoría de tamaño y los BPM. En el B1, *Laguncularia racemosa* fue la especie dominante en todas las categorías. En el B2, *Rhizophora harrisonii* presentó la mayor importancia en el estrato brin-

zal, mientras que *Laguncularia racemosa* predominó en latizal y arbóreo. En el B3, *Rhizophora harrisonii* destacó en brinzal, en contraste, *Conocarpus erectus* presentó mayor importancia en latizal y arbóreo. Finalmente, en el B4, *Conocarpus erectus* fue la especie dominante en las tres categorías. (Tabla 5).

3.5. Análisis de Macro y Microelementos del suelo

En el análisis de los macroelementos mostró niveles bajos de N en los cuatro BPM, mientras que el P presentó valores altos en el B1, B2 y B3, y un nivel bajo en el B4. El K se encontró elevado en todos los bloques.

En cuanto a los microelementos, el Ca registró valores bajos en el B1 y B4, y valores medios en el B2 y B3. El Mg y el Fe se mantuvieron en concentraciones altas en los cuatro BPM. El Mn presentó valores bajos en el B4 y altos en los demás bloques. El Cu mostró variabilidad entre bloques, con un valor alto en el B2, medio en el B1 y B3, y bajo en el B4. El Zn se ubicó entre valores medios y bajos según el bloque.

En relación con el pH, los BPM que presentaron

Tabla 3. Diámetro promedio, diámetro máximo y mínimo de las especies de mangle en los BPM.
Table 3. Average diameter, maximum and minimum diameter of mangrove species in PMBs.

BPM		B1			B2			B3			B4					
Especies*	Nº	Diámetro promedio (cm)	Diámetro máximo (cm)	Diámetro mínimo (cm)	Nº	Diámetro promedio (cm)	Diámetro máximo (cm)	Diámetro mínimo (cm)	Nº	Diámetro promedio (cm)	Diámetro máximo (cm)	Diámetro mínimo (cm)	Nº	Diámetro promedio (cm)	Diámetro máximo (cm)	Diámetro mínimo (cm)
L.R	819	1,76	4	0,2	574	4,5	17,8	1,5	2	2,8	3,5	2,1	0	0	0	0
A.G	41	0,89	3,7	0,4	358	4,4	31,5	1,2	21	20,7	39,2	1	17	10,2	17,2	5,7
R.H	0	0	0	0	37	4,01	14,3	1	134	1,3	15,9	0,3	0	0	0	0
C.E	0	0	0	0	18	13,1	25,8	5,1	209	7,3	43,4	0,3	130	7,3	20,1	1,0

*L.R: *Laguncularia racemosa*; A.G: *Avicennia germinans*; R.H: *Rhizophora harrisonii*; C.E: *Conocarpus erectus*

Tabla 4. Altura promedio, altura máxima y mínima de las especies de mangle en los BPM.
Table 4. Average height, maximum and minimum height of mangrove species in the PMBs.

BPM	B1			B2			B3			B4					
	Altura promedio (m)	Altura Máxima (m)	Altura mínima (m)	Nº	Altura promedio (m)	Altura Máxima (m)	Altura mínima (m)	Nº	Altura promedio (m)	Altura Máxima (m)	Altura mínima (m)	Nº	Altura promedio (m)	Altura Máxima (m)	Altura mínima (m)
L.R	819	2,6	6,5	0,4	574	7,7	16	2	2	4,5	5	4	0	0	0
A.G	41	0,7	5	0,4	358	5,7	16	2	21	9,3	15	1	17	5,2	8
R.H	0	0	0	0	37	6,3	12	1,5	134	1,4	16	0,3	0	0	0
C.E	0	0	0	0	18	6,8	11	5	209	5,4	14	0,5	130	4,3	6,3
															0,6

* L.R: *Laguncularia racemosa*; A.G: *Avicennia germinans*; R.H: *Rhizophora harrisonii*; C.E: *Conocarpus erectus*

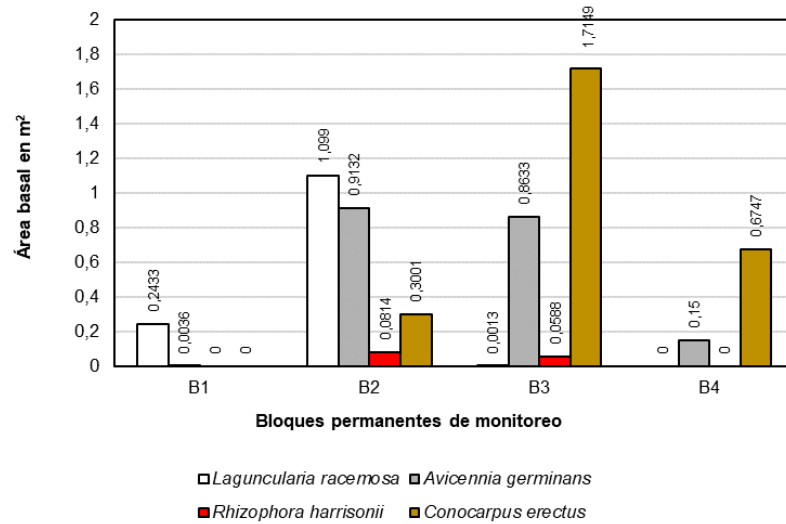


Figura 5. Área basal (m²) de las especies de mangle por bloques permanentes de monitoreo.

Figure 5. Basal area (m²) of mangrove species by permanent monitoring blocks.

Tabla 5. Índice de valor de importancia por categoría de tamaño.

Table 5. Importance Value Index by size category.

BPM	Especie*	Categoría de tamaño**					
		Brinzal		Latizal		Arbóreo	
		Ab	Re%	Ab	Re%	Ab	Re%
B1	L.R	225,95	75,32	300	100	249,07	83,02
	A.G	74,05	24,68	0	0	50,93	16,98
	R.H	0	0	0	0	0	0
	C.E	0	0	0	0	0	0
B2	L.R	0	0	135,61	45,2	127,16	42,39
	A.G	0	0	127,25	42,42	107,32	35,77
	R.H	300	100	37,14	12,38	39,8	13,27
	C.E	0	0	0	0	25,72	8,57
B3	L.R	0	0	0	0	15,37	5,12
	A.G	35,48	11,83	50,39	16,8	71,24	23,75
	R.H	218,64	72,88	78,86	26,29	19,23	6,41
	C.E	45,88	15,29	170,76	56,92	194,6	64,72
B4	L.R	0	0	0	0	0	0
	A.G	0	0	33,84	11,28	99,67	33,22
	R.H	0	0	0	0	0	0
	C.E	300	100	266,16	88,72	200,33	66,78

* L.R: *Laguncularia racemosa*; A.G: *Avicennia germinans*; R.H: *Rhizophora harrisonii*; C.E: *Conocarpus erectus*.

** Ab: Absoluto; Re%: Relativo.

** Ab: Absolute; D%: Relative.

un pH ligeramente alcalino fueron el B1 y B2, y alcalinas en el B3 y B4. Finalmente, la materia orgánica presentó porcentajes bajos en todos los BPM (Tabla 6).

3.6. Análisis de conductividad eléctrica del agua

El análisis de conductividad eléctrica [CE] del agua evidenció variaciones entre los BPM, registrándose el

valor más bajo en el B3 y los valores más altos en los bloques B2, B4 y B1 (Tabla 7).

3.7. Correlación de las variables físico-químicas del suelo

La correlación de Spearman identificó una correlación positiva y significativa entre *Laguncularia racemosa* y zinc, mostrando un aumento de abundancia en sitios con mayor contenido de este nutriente. Asimismo, *Rhizophora harrisonii* mostró una correlación positiva con nitrógeno, calcio, manganeso y materia orgánica, indicando que su presencia está asociada al aumento de estos nutrientes. Por otro lado, *Avicennia*

germinans muestra tendencia positiva con potasio, cobre y zinc, mientras que *Conocarpus erectus* tiende a correlacionarse positivamente con calcio (Tabla 8).

4. Discusión

4.1. Análisis dasométricos

En el cantón Esmeraldas, las especies de mangle registradas corresponden al RVSMERE, donde se registró tres especies de mangle: *Rhizophora harrisonii*, *Laguncularia racemosa*, y *Avicennia germinans* (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

Tabla 6. Resultado de análisis de suelo de los bloques permanentes de monitoreo.
Table 6. Result of soil analysis of the permanent monitoring blocks.

BPM	Macroelementos					Microelemento				pH	MO (%)
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn		
	%	mg kg ⁻¹	cmol kg ⁻¹	cmol kg ⁻¹	cmol kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		
B1	0,06	18,6	1,28	3,93	7,93	153,5	7,69	3,95	3,38	7,67	1,24
B2	0,07	17,9	2,51	7,95	11,70	129,3	11,86	5,52	3,14	7,91	1,37
B3	0,12	53,9	1,97	8,42	10,62	197,1	14,05	4,49	2,32	8,19	2,35
B4	0,01	6,6	0,70	3,96	3,75	48,2	4,51	1,11	1,60	8,59	0,18

Tabla 7. Análisis de conductividad eléctrica del agua.
Table 7. Electrical Conductivity Analysis of Water.

BPM	Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)
B1	38,7
B2	43,9
B3	25,0
B4	42,7

Tabla 8. Correlación de Spearman de las variables físico-químicas del suelo y agua con la abundancia de las especies de mangle
Table 8. Spearman correlation of the physicochemical variables of soil and water with the abundance of mangrove species

Variable	L.R_rho	L.R_p	A.G_rho	A.G_p	R.M_rho	R.M_p	C.E_rho	C.E_p
N	0,2	0,8	0,4	0,6	0,949	0,051	0,4	0,6
P	0,4	0,6	0,2	0,8	0,632	0,368	0,2	0,8
K	0,4	0,6	0,8	0,2	0,738	0,262	0	1
Ca	-0,4	0,6	0	1	0,949	0,051	0,8	0,2
Mg	0,4	0,6	0,8	0,2	0,738	0,262	0	1
Fe	0,4	0,6	0,2	0,8	0,632	0,368	0,2	0,8
Mn	0,2	0,8	0,4	0,6	0,949	0,051	0,4	0,6
Cu	0,4	0,6	0,8	0,2	0,738	0,262	0	1
Zn	1	0	0,8	0,2	-0,105	0,895	-0,8	0,2
pH	-1	0	-0,8	0,2	0,105	0,895	0,8	0,2
MO	0,2	0,8	0,4	0,6	0,949	0,051	0,4	0,6
Conductividad	0	1	0,4	0,6	-0,316	0,684	-0,4	0,6

[MAATE], 2015). Por otro lado, en el registro realizado por Andrade Chica (2019) referente al análisis de estructura y composición florística en el RVSMERE, identificó las especies *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, y *Avicennia germinans*. Al comparar las especies encontradas en el área de estudio se compone por: *Rhizophora harrisonii*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*, ampliando la diversidad florística en el cantón, en contraste a estudios previos.

El hallazgo de la especie *Conocarpus erectus* en el área de estudio podría estar relacionado con el transporte de las semillas por las corrientes marinas en relación con los manglares de la zona norte de la provincia de Esmeraldas, como es la Reserva Ecológica Manglares Cayapas – Mataje que registra cuatro variedades de especie de mangle, incluida *Conocarpus erectus* (Macías Vargas, 2022). Esto se debe a que el establecimiento y zonificación de los manglares están relacionados con la influencia de las mareas en los propágulos y las plántulas según su flotabilidad, lo que permite establecerse en zonas intermareal o estuarina, según su adaptabilidad (Wang y Wang, 2019). Considerando también que la restauración natural de las zonas de manglar está influenciada por la hidrología que facilita la dispersión de los propágulos (Echeverría-Ávila et al., 2019).

El número de individuos de cada BPM estuvo influenciado por la ubicación de las parcelas. En el caso del B1 que constituyó un manglar de tipo borde por su contacto directo con el mar e inundaciones frecuentes (MAATE y FAO, 2014), el aumento del número de individuos en la parcela 3 se debió a la sedimentación puesto que las parcelas 1 y 2 tuvieron suelo arenoso. Contrario de lo que mencionaron Barrantes Leiva y Cerdas Salas (2016), quienes indicaron que las especies *Avicennia* spp y *Laguncularia racemosa* tienden a distribuirse en los sustratos arenosos con mayor facilidad que las otras especies, cuya distribución es más homogénea sobre sustratos lodosos.

En el caso del B2, que se consideró un manglar tipo ribereño, ubicado al margen del río Colope y bajo la influencia de las mareas y descargas de agua dulce (MAATE y FAO, 2014). La mayor parte de los individuos se concentraron en las parcelas 1 y 2 (Figura 4), localizadas en la parte baja y media de la desembocadura del río Colope, que es influenciada por la descarga de agua dulce y la sedimentación. En contraste, la parcela 3 situada en la parte alta, estuvo afectada por intervenciones antrópicas como la tala, la contaminación de residuos sólidos, la expansión agrícola y los asentamientos humanos, lo que pudo incidir en la cantidad de individuos de las especies, pues es conocido que estas actividades impactan en el desarrollo

del ecosistema de manglar (Vences et al., 2016).

Los bloques B3 y B4 se consideraron manglares de tipo ribereño por estar al margen del estero Colope y del estero El Eden. Al igual que en el caso del B2, las parcelas se encuentran en áreas con altas intervenciones antrópicas. Morancy et al. (2021) enfatizan que los cambios significativos en el ecosistema manglar son causantes potenciales del declive en la sostenibilidad y calidad de este ecosistema, debido a la insostenibilidad del uso del recurso por las comunidades que los habitan. Asimismo, Cuevas-Díaz et al. (2020) señalan que la principal destrucción del ecosistema manglar está asociada al aumento de los asentamientos humanos, desmontes y rellenos, ganaderías y emplazamientos industriales, afectando así el suelo, la flora y el agua.

En los resultados de esta investigación, la presencia de las especies varió según los BPM. En el B1 predominó el establecimiento de *Laguncularia racemosa* considerando la fisiografía del sitio, la presencia de agua de mar constante, mayor energía lumínica y poca vegetación. Moreira Estrella (2020) y Rodríguez (2022) describen que *Laguncularia racemosa* tiene una mayor distribución y desarrollo en sustratos lodosos mayormente limosos, baja vegetación y mayor influencia de la energía lumínica, también enfatizan que es una especie colonizadora que puede establecerse en sustratos predominantemente rocosos e incluso artificiales, debido a su capacidad de colonización y tolerancia a ambientes estresantes.

El B2 presentó un mayor número de especies, teniendo *Laguncularia racemosa* el mayor número de individuos seguido de *Avicennia germinans*. Según Rodríguez (2022) *Laguncularia racemosa* es una especie con mayor plasticidad ecológica y adaptación, siendo una indicadora de terrenos degradados en recuperación. Por otro lado, la presencia significativa de *Avicennia germinans* donde el mayor número de individuos se encontró en áreas con poca inundación, indica que es una especie que logra desarrollarse en condiciones favorables y con baja perturbación (Drouet Yáñez, 2019), esto se debe a que es una especie que no tolera largos periodos de inundación, ya que no presenta o son escasos los neumatóforos y con alturas pequeñas, lo que limita el proceso de respiración cuando está expuesto a la inundación (González-Hernández et al., 2017).

Respecto a las especies más predominantes del B3, estas fueron *Conocarpus erectus* seguida de *Rhizophora harrisonii* que presentaron el mayor porcentaje de individuos registrados; en el B4, la especie predominante fue *Conocarpus erectus*. Los resultados se atribuyeron a la ubicación del sitio de estudio, debido que el área de muestreo esta hacia tierra firme.

Esto evidencia que el establecimiento del *Conocarpus erectus* es característico de una transición entre el manglar y los bosques de tierra firme, por lo que, tiene un mejor desarrollo alejado del agua y en sitios arenosos (Avellán Jiménez, 2018). Por otro lado, la poca presencia de *Rhizophora harrisonii* se debe a que se desarrolla preferentemente en hábitats con mayor influencia salina y niveles más altos de inundación (Rodríguez, 2022).

Las especies presentaron una distribución uniforme, destacando *Avicennia germinans* que se estableció en los cuatro bloques de estudio, teniendo similitud con los resultados presentados por Andrade Chica (2019) en el RVSMERE donde la especie que predominó fue *Laguncularia racemosa* seguida de *Avicennia germinans* debido a la capacidad que ambas tienen al crecer en medios con características adversas. Esto se debe a que *Avicennia germinans* tiene un mecanismo para su supervivencia en ambientes salinos, al reducir la cantidad de agua que pierde en sus hojas y ajusta el proceso de fotosíntesis, que podrían verse afectadas por el cambio de tamaño de la hoja (Budiadi et al., 2022).

4.2. Categoría de tamaño y resumen de diámetros y altura

En todos los BPM se registraron los tres tipos de categoría de tamaño, diferenciándose cada BPM por las abundancias de las diferentes especies. En el caso del B1 la especie predominante en todas las categorías fue *Laguncularia racemosa*, que registró un intervalo de alturas de 0,4 m a 6,5 m y de diámetro de 0,2 cm a 4 cm; es una especie dominante capaz de establecerse en áreas abiertas con mayor radiación y sustratos, manteniendo amplios rangos estructurales (Tomlinson, 2016). En contraste, *Avicennia germinans* solo se encontró en la categoría brinzal, con un intervalo de diámetro de 0,4 cm a 3,7 cm y altura de 0,4 m a 5 m, mostrándose como un manglar en desarrollo en un estado inicial de sucesión, la presencia de la especie indica el inicio de la regeneración bajo condiciones de mayor competencia o salinidad alta (Rodríguez, 2022).

La presencia de *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* en el B1 muestra el desarrollo del manglar por su capacidad de tolerancia en medios con altas perturbaciones y su morfología óptima, como raíces largas que pueden resistir una erosión más profunda antes de ser desplazados, por lo que, el desarrollo de la longitud de los brotes y la longitud de las raíces a lo largo del tiempo se pueden utilizar como indicadores simples para predecir la supervivencia de las plántulas (Van Hespen et al., 2022).

En el caso del B2, se observó heterogeneidad en la distribución de las especies, destacando la ausencia de individuos en la categoría brinzal con solo dos individuos registrados pertenecientes a la especie *Rhizophora harrisonii*. Según el estudio realizado por Valle et al. (2016) que mostró una predominancia de latizales de *Rhizophora harrisonii*, se atribuyó esta situación a factores como el estrés salino, debido a que el mar es su mayor fuente hídrica.

Así también, en el B2, las especies *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* presentaron una mayor cantidad de individuos en las categorías latizal y arbórea. La mayor parte de individuos pertenecieron a la categoría arbórea, evidenciando un intervalo de altura entre 1,5 m y 16 m y de diámetro entre 1 cm y 31,51 cm. La ausencia de individuos de la categoría brinzal podría sugerir problemas en los procesos de regeneración y dinámica sucesional del ecosistema, relacionados con perturbaciones naturales y antrópicas que limitan la dispersión y el desarrollo (Adams y Rajkaran, 2020).

El B3 presentó tres categorías de tamaño, siendo *Rhizophora harrisonii* la especie con mayor abundancia de brinzales, pero una baja abundancia en la categoría arbórea teniendo un intervalo de altura de 0,3 m a 16 m y de diámetro de 0,3 cm a 15,9 cm, lo que sugiere dificultades para avanzar hacia etapas maduras. Este patrón coincide con los descrito por Valle Estrada (2007), quien también observó que la mayoría de los individuos en varias estaciones se concentraban en la categoría brinzal, especialmente en sitios con condiciones poco favorables para su desarrollo.

El B2 y B3 se pudieron considerar bosques de manglar en etapa intermedia de la sucesión ecológica al presentar especies en diferentes fases de desarrollo y crecimiento, con predominancia de juveniles que están en proceso de establecimiento (Velázquez-Pérez et al., 2019).

En el B4, *Conocarpus erectus*, fue la única especie registrada en todas las categorías de tamaño, con mayor abundancia en la categoría arbórea, y rangos de altura entre 0,6 m y 6,3 m y diámetros entre 1 cm y 20,1 cm. La observación del área de estudio y los datos recopilados indican que su presencia única en el área refleja condiciones ecosistémicas desfavorables. Esto concuerda con Sierra (2018), quien reporta que *Conocarpus erectus* domina las categorías brinzal y fustal en zonas sometidas a impactos antrópicos la extracción maderera, afectando la estructura del manglar. Por lo que, se considera a *Conocarpus erectus* una especie establecida en tierra firme y áreas degradadas por intervención antrópica, tiene implicaciones positivas en la regeneración y restauración del ecosistema, debido a que es una especie que se adapta

a condiciones de sequía (Riaz et al., 2016).

4.3. Área basal

En nuestra investigación, en el B2 la mayor área basal correspondió a *Laguncularia racemosa* seguida de *Avicennia germinans*, resultado asociado al número de individuos registrados para cada especie. Esta tendencia concuerda con lo señalado por Andrade Chica (2019), quien registró una mayor área basal de la especie *Laguncularia racemosa* debido a que era la especie con mayor número de individuos, seguida de *Avicennia germinans* que tiene una mayor distribución y asentamiento en sitios de mayor perturbación. Sin embargo, contrasta con los resultados de Rodríguez Reales (2022) en Ciénaga de Mallorquín, donde la especie con mayor dominancia fue *Avicennia germinans*, seguido de *Rhizophora mangle*, teniendo *Avicennia germinans* la mayor área basal en ambientes influenciados por aporte de agua dulce.

La dominancia de *Conocarpus erectus* en el B3 se debió al mayor número de individuos registrados, a pesar de que *Avicennia germinans* presentó un diámetro promedio mayor (20,7 cm) pero menor abundancia. En Contraste, Yépez Rendón (2021) reportó una mayor área basal de *Rhizophora mangle* y una menor área basal de *Conocarpus erectus*, ya que esta última solo apareció en una de las parcelas evaluadas. Por otro lado, las áreas basales más bajas correspondieron al B1 y B4, debido a que en el B1 la mayoría de los individuos se encontraban en la categoría de brinzales, y el B4 por la menor cantidad de individuos registrados.

4.4. Índice de valor de importancia

Los valores de IVI obtenidos mostraron que en el B1 las categorías de brinzal, latizal y arbórea estuvieron dominadas por *Laguncularia racemosa*, cuya condición de especie colonizadora, explica su presencia continua a lo largo del proceso sucesional del manglar (Moreira Estrella, 2020; Rodríguez, 2022). En contraste, *Avicennia germinans* presentó un IVI bajo en estas categorías debido a su escasa representación en latizal y arbórea. Resultados similares fueron reportados por Sánchez Montes (2007) en los manglares de Isla Fuerte (Caribe Colombiano), donde *Laguncularia racemosa*, también presentó los IVI más altos en las clases diamétrica brinzal, latizal y fustal, atribuyéndose este patrón a su elevado potencial de regeneración. Esto refuerza la interpretación de que es una especie con alto grado de regeneración y pocos tensores de presión antrópica, condiciones favorables para su establecimiento temprano y persistente.

En el B2, la categoría brinzal estuvo compuesta únicamente por *Rhizophora harrisonii*, con un IVI del 100%. En las categorías latizal y arbóreo, el IVI más alto correspondió a *Laguncularia racemosa* seguida de *Avicennia germinans*, mientras que *Rhizophora harrisonii* registró un menor IVI en latizal. En la categoría arbórea, *Conocarpus erectus* presentó el IVI más bajo y no presentó individuos en las categorías brinzal ni latizal, lo que sugiere una baja capacidad de regeneración en este bloque. Estos patrones difieren de lo reportado por Yépez Rendón (2021), quien encontró un mayor IVI para *Rhizophora mangle* (30,84%) y un IVI bajo para *Conocarpus erectus* (17,23%), atribuyendo el desempeño superior de *Rhizophora mangle* a su mayor adaptación y establecimiento en zonas expuestas con fuertes oleajes. Las variaciones en el IVI entre estudios pueden explicarse por la competencia por nutrientes, espacio y luz solar, así como el tipo de sustrato y el régimen mareal; un IVI elevado indica que determinadas especies compiten eficazmente y son dominantes en su entorno, teniendo un mayor control sobre los recursos y adaptación de su hábitat (Dewiyanti et al., 2023).

En el B3, la especie con mayor IVI en la categoría brinzal fue *Rhizophora harrisonii*, seguida de *Conocarpus erectus*, en las categorías latizal y arbóreo; *Conocarpus erectus* registró el IVI más alto, evidenciando una buena capacidad de regeneración y un mejor asentamiento en tierra firme. Aunque *Conocarpus erectus* mostró una baja área basal, su aporte al IVI confirma su alto peso ecológico dentro de la estructura comunitaria (Ismail et al., 2021). De forma similar, Avellán Jiménez (2018) encontró un IVI elevado para *Conocarpus erectus* (50,51%) en los manglares del parque histórico de Guayaquil, lo que refuerza la idea de que esta especie constituye significativamente en el carácter y estructura del ecosistema, especialmente en zonas con condiciones más o antropológicamente modificadas.

En el B4, *Conocarpus erectus* ocupó el primer lugar, registrando el mayor IVI en todas las categorías de tamaño. Las parcelas del B4 se ubicaron en zonas de tierra firme sin influencia directa de agua de mar, condiciones donde esta especie tiende a establecerse con mayor éxito. Por el contrario, *Avicennia germinans* presentó el IVI más bajo en todas las categorías, evidenciando la limitada regeneración en este bloque. Esta configuración estructural indica un proceso de degradación avanzado, debido a la baja capacidad de regeneración del manglar en este bloque, por el alto grado de actividad antrópica; como la extracción continua y cambio de uso de suelo, lo que reduce drásticamente el potencial de regeneración del manglar, acelerando su deterioro y eventual desaparición (Sán-

chez Montes, 2007).

4.5. Análisis de macro y microelementos del suelo

Los resultados del análisis de suelo de nuestra investigación mostraron que los macroelementos, como el fósforo y potasio, se encontraron en altas concentraciones en los BPM, a excepción del B4, que presentó valores muy bajos de fósforo. En cuanto al nitrógeno, todos los BPM registraron concentraciones muy bajas. Según Drouet Yáñez (2019), los valores altos de nitrógeno y fósforo suelen estar relacionados con mayores cantidades de materia orgánica; por lo tanto, los niveles bajos de nitrógeno y fósforo hallados en nuestro estudio concuerdan con los bajos contenidos de materia orgánica registrados en los BPM. El B4 fue el bloque con las menores concentraciones de nitrógeno, fósforo y materia orgánica. Por el contrario, el B3 presentó los valores más altos de nitrógeno, fósforo y materia orgánica. Kallushettihalli Mallappa y Kumara (2020) señalan que los manglares pueden presentar variaciones en la disponibilidad de los nutrientes según el estado de desarrollo del ecosistema y condiciones locales.

En nuestra investigación se registró un pH ligeramente alcalino y alcalino en todos los BPM, acompañando concentraciones altas de manganeso y hierro. El cobre presentó una alta concentración en el B2, media en los B1 y B3, y baja en el B4. El calcio mostró bajas concentraciones en los B1 y B4, y concentraciones medias en los B2 y B3. En cuanto al zinc, los B1 y B2 mostraron concentraciones medias, mientras que en los B3 y B4 fueron bajas. Drouet Yáñez (2019) reportó en su estudio un incremento de microelementos, como hierro, cobre y manganeso, mientras que el zinc y el calcio presentaron valores bajos, atribuyéndolo a la presencia de un pH ligeramente ácido en la mayoría de las parcelas. Además, indicó que la disminución de zinc podría estar asociada al aumento del fósforo. Estos resultados contrastan con los nuestros, dado que el pH alcalino registrado en los BPM no coincidió con esa disminución generalizada de microelementos.

Por su parte, Alongi (2021) señala que las reservas de Mg, K, Mn, Zn y Ni pueden disminuir con el aumento de la productividad [NP] del manglar, debido a una mayor transformación y absorción de nutrientes. Esta relación puede ayudar a interpretar las variaciones observadas entre los BPM, especialmente en elementos como el zinc y el manganeso.

Por otro lado, Torán Figueroa (2020) registró concentraciones altas y medias de P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe, Mn y B en sus unidades de muestreo, atribuyendo estos valores a la textura pantanosa del suelo.

Además, señalo que en los sectores con pH neutro se encontraron los mangles de mayor altura, ya que este rango de pH favorece a la absorción de nutrientes.

En contraste, Andrade Chica (2019) reportó suelos mayoritariamente ligeramente ácidos, y determinó que este pH aumenta la disponibilidad máxima de fósforo. Por su parte, Rodríguez Villón (2015) registró valores de pH ligeramente alcalino o alcalino acompañados de concentraciones altas de fósforo y potasio. Estos resultados coinciden con los de nuestra investigación, donde también se obtuvieron pH ligeramente alcalinos a alcalinos, junto con niveles elevados de potasio y fósforo.

Las distintas especies de manglar presentan tasas de absorción de nutrientes y patrones de distribución que varían según el sitio de desarrollo. La disponibilidad y distribución de los macro y micronutrientes cambia según las etapas de crecimiento de las especies, lo que implica que cada fase requiere cantidades diferentes de nutrientes esenciales (Hossain et al., 2003). En este sentido, la interacción entre nitrógeno, fósforo y potasio influye directamente en el número de hojas, altura y ramificación, según el tipo de especie (Yates et al., 2002).

El factor más relevante para el crecimiento de los manglares es la concentración de nutrientes en el suelo, siendo el nitrógeno, fósforo y potasio los más determinantes. Los niveles de potasio son especialmente importantes para especies como *Rhizophora apiculata*, mientras que el enriquecimiento de fósforo favorece el desarrollo de *Rhizophora mangle* (Kathiresan y Bingham 2001).

4.6. Análisis de conductividad eléctrica del agua

En esta investigación se observó que el B2 presentó la CE más alta (43,9 dS m⁻¹) de los cuatro bloques, considerando que, al ser de tipo ribereño recibe menor influencia directa del mar y una mayor descarga de agua dulce. En contraste, el B1 que se encuentra expuesto a influencia directa del mar, presentó una menor CE (38,7 dS m⁻¹). Este comportamiento difiere lo descrito por Kusmana (1991), quien señalo que la CE tiende a ser mayor en zonas con mayor influencia de agua de mar y menos en sitios con descarga fluviales y escasa inundación marina. Estas diferencias presentadas en esta investigación podrían atribuirse a condiciones locales significativas del B2.

Se consideró que la conductividad eléctrica era uno de los factores del suelo importantes que influían en el patrón del bosque de manglar. Los valores altos de CE se debieron a la entrada del agua de mar durante las mareas altas y a la evaporación del agua. Ade-

más, la CE es más alta en zonas costeras y disminuye gradualmente conforme se penetra hacia el interior del territorio (Kallushettihalli Mallappa y Kumara, 2020).

Según Kathiresan y Bingham (2001), la salinidad influye en el crecimiento de los manglares por lo que las plantas deben poseer cierta tolerancia a ella. Durante la etapa de plántula, requieren niveles bajos de salinidad, pero su tolerancia aumenta a medida que crecen. Se considera que las especie *Avicennia* spp. y *Rhizophora* spp, son las que toleran mayores niveles de salinidad. Sin embargo, en la investigación de Guadamuz y Sean-Bloomfield (2019), registró un mayor porcentaje de individuos de *Rhizophora mangle* en un bosque de manglar joven en crecimiento y desarrollo, encontrando una mayor incidencia en áreas con menor salinidad, lo que permitió su colonización en toda la superficie. En nuestra investigación, se observó que los bloques con mayor CE presentaron escasa y nula presencia de *Rhizophora harrisonii*. En contraste, el bloque con menor CE, correspondiente al B3 mostró una presencia notable de esta especie.

El B2 presentó mayor CE, siendo *Avicennia germinans* la segunda especie con mayor abundancia en el bloque. A pesar de su tolerancia, su crecimiento puede verse afectado por el desplazamiento del potasio por el sodio, lo que interferiría con la capacidad de absorción de nutrientes y limitaría su desarrollo (Reef et al., 2015). Por el contrario, Reef et al. (2012) establecieron que la alta salinidad permitía a las plantas desarrollar estrategias para manejar la sequía, y las plántulas de *Avicennia marina* cultivadas en condiciones de alta salinidad mostraron una mayor adaptación a ambientes salinos y altas concentraciones de nutrientes, característico del género *Avicennia*. En nuestro estudio, en el B1, que estuvo influenciado directamente por el mar y presentó una alta concentración de CE, se registró la presencia de plántulas de la categoría brinzal.

4.7. Correlación de las variables físico-químicas del suelo

No se encontró correlación estadísticamente significativa ($p > 0,05$) entre la abundancia de *Avicennia germinans*, *Rhizophora harrisonii* y *Conocarpus erectus* con las variables físico-químicas evaluadas. Sin embargo, *Laguncularia racemosa* mostró una correlación significativa con el zinc ($p = 1,000$; $p = 0,000$). Aun que el resto de las correlaciones no fueron significativas *Rhizophora harrisonii* presentó tendencias altas con nitrógeno, calcio, manganeso y materia orgánica, sin tener significancia estadística, al igual que *Avicennia germinans* muestra tendencia positiva con potasio, cobre y zinc, y *Conocarpus erectus*

con calcio.

La asociación de *Laguncularia racemosa* y el zinc del suelo, concuerda con Pimentel Victório et al. (2023) que demuestra la capacidad de *Laguncularia racemosa* para acumular metales en sus tejidos y reflejar la contaminación del sedimento, por lo tanto, esa tolerancia de metales la hace un buen indicador de manglares perturbados. La correlación y tendencia de *Rhizophora harrisonii* con N, Ca, Mn, y materia orgánica se asocian con Cerón-Souza et al. (2021), que vinculan a los *Rhizophora* con sedimentos ricos en materia orgánica y retención de nutrientes controlando la disponibilidad de N y metales. En manglares del estuario del río Nyong (Camerún), Mama et al. (2024) reportaron que los suelos donde presentaban altos contenidos de materia orgánica y N, había mayor dominancia de *Rhizophora*.

Por otro lado, la tolerancia y tendencia de *Conocarpus erectus* a relacionarse con CE y con Ca, corresponde a la capacidad que tiene para soportar amplios rangos de salinidad y desarrollarse bajo condiciones salobres, explicando su presencia en parches con conductividad elevada (Asif, 2014), *Conocarpus erectus* es una especie con potencial prospero sus condiciones estresantes como es la salinidad y baja disponibilidad de nutrientes, proporciona un rasgo adaptativo para afirmar adaptabilidad y dominancia (Iqbal et al., 2024). Para *Avicennia germinans* las tendencias positivas frente a K, Mg, Cu y Zn, concuerdan con Diyah Retnosari, et al. (2024) que reportaron acumulación de Cu y Zn en raíces debido a su alta capacidad de captación de metales desde el sedimento y sus tasas de translocación pueden depender de las características químicas del sedimento (El Ashmawy et al., 2021).

5. Conclusiones

La composición de florística en la zona de estudio se caracterizó por la presencia cuatro especies que son *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans*, *Rhizophora harrisonii* y *Conocarpus erectus*, distribuidas uniformemente en los bloques de estudio. Los resultados indican que el B1 es un manglar en formación, ya que hay la presencia de *Laguncularia racemosa* como especie colonizadora, que se encontró en todas las categorías de tamaño. Por otro lado, el B2 a pesar de la ausencia de brinzales, mostró buena capacidad regenerativa, con una predominancia de árboles juveniles, lo que sugiere que se encuentra en una etapa intermedia de sucesión. El B3 también exhibió una mayor prevalencia de árboles juveniles, mientras que el B4 no presentó condiciones óptimas de desarrollo,

siendo su estructura afectada por un gran impacto antrópico.

Cada bloque de estudio registró las especies de acuerdo con su estado sucesional, fisiografía, gradientes ambientales y factores antrópicos. La mayor cantidad de individuos se asoció a áreas influenciadas por la descarga de agua dulce, el contacto directo con el mar y la sedimentación. En contraste la menor cantidad de individuos se relacionó con el impacto de las intervenciones antrópicas.

El análisis de suelo y agua evidenció la importancia de las concentraciones de materia orgánica, pH y conductividad eléctrica. Los bajos niveles de materia orgánica en todos los BPM afectan las concentraciones de macroelementos esenciales como el nitrógeno y fósforo. Además, el pH alcalino se asoció con

mayores concentraciones de potasio y fósforo. La conductividad eléctrica, relacionada con la salinidad, también influyó en el patrón de distribución de las especies en el manglar.

Finalmente, en el área de estudio se reflejó que *Laguncularia racemosa*, se asoció principalmente con el zinc del suelo, mientras que *Rhizophora harrisonii* mostró relación con el nitrógeno, calcio, manganeso y la materia orgánica. *Conocarpus erectus* presentó afinidad con la conductividad eléctrica y el calcio, evidenciando su tolerando a condiciones salinas. Por otro lado, *Avicenia germinans* mostró tendencias positivas con potasio, magnesio, cobre y zinc. Estas asociaciones evidencian que la disponibilidad de nutrientes y sales contribuyen directamente en la distribución de las especies en el área de estudio.

Contribuciones de los autores

- Laura Suarez: conceptualización, investigación, metodología, recursos, análisis formal, redacción – borrador original, redacción – revisión y edición.
- Edison Velasco: adquisición de fondos, recursos, administración del proyecto, redacción – revisión y edición.
- Gabriel Suarez: curación de datos, análisis formal, redacción – revisión y edición.

Disponibilidad de datos

Los datos estarán disponibles previa solicitud.

Declaración de Uso de Inteligencia Artificial

Los autores declaran que no se ha utilizado Inteligencia Artificial en la elaboración del manuscrito.

Implicaciones éticas

Los autores declaran que no existen implicaciones éticas.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés financieros o no financieros que podrían haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Referencias

Adams, J. B., y Rajkaran, A. (2020). Changes in mangroves at their southernmost African distribution limit. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 247, 106862. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106862>

Alongi, D. (2021). Macro- and micronutrient cycling and crucial linkages to geochemical processes in mangrove ecosystems. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(5), 456. <https://doi.org/10.3390/jmse9050456>

Amel, A. L. K., Minsaris, L. O. A., y Lestari, D. A. (2023). Mapping the distribution of mangroves in serang regency using remote sensing (case study of Pulau Panjang). *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 14(1), 153-158. <https://doi.org/10.51903/jtikp.v14i1.535>

Andrade Chica, R. A. (2019). *Estructura y composición florística (de los manglares) del refugio de vida silvestre manglares estuario río esmeraldas*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/37656>

Asif, M., Saqib, M., Yousaf, B., Adnan, M., Yousaf, A., Ali, A. y Sabir, D. (2014). Growth and ionic composition of buttonwood (*Conocarpus erectus* L.) in response to soil salinity and water stress. *Advances in Life Science and Technology*, 19, 42–51. <https://www.iiste.org/Journals/index.php/ALST/article/view/12116/12469>

Avellán Jiménez, A. (2018). *Manglares del Parque Histórico Guayaquil: Establecimiento de Sitios Para Monitoreo Fenológico y Crecimiento*. Universidad de Especialidades Espíritu Santo. <http://201.159.223.2/handle/123456789/2108>

Barrantes Leiva, R. M., y Cerdas Salas, A. (2016). Spatial distribution of mangrove species and their association with the substrate sediment types, estuarine sector Terra-Sierpe National Wetlands, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 63 (1), 47–60. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i1.23094>

Beitl, C. M., Chávez Páez, W., Vanegas Redondo, W. F., Carvajal Cañarte, E. L., Zambrano Mohauad, G. A., Alfonso Ramírez, K. R., Jama López, J. A., y Gortaire Díaz, D. E. (2020). Cambios socio-ambientales, alimentación y sustento en una comunidad rural del Manglar. *Investigatio*, 13(13), 89–102. <https://doi.org/10.31095/investigatio.2020.13.9>

Bodero, A., y Robadue, D. (1995). *Estrategia para el Manejo del Ecosistema de Manglar, Ecuador*. https://www.crc.uri.edu/download/8YearsSpanish_7_Manglares.pdf

- Bruno Waibel, K. E. (2019). *Evaluación del potencial de captura de carbono por la especie (rhizophora mangle) mediante ecuaciones alométricas en el refugio de vida silvestre manglares del estuario río esmeraldas trabajo no experimental*. Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BRUNO%20WAIBEL%20KEVIN%20ERNESTO.pdf>
- Budiadi, B., Widiyatno, W., Nurjanto, H. H., Hasani, H., y Jihad, A. N. (2022). Seedling growth and quality of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. under growth media composition and controlled salinity in an *ex situ* nursery. *Forests*, 13(5), 684. <https://doi.org/10.3390/f13050684>
- Carrera, F., Vernaza, L., Quiroz, F., Solís, K., y Vicente da Silva, E. (2017). Situación de la agricultura familiar y el extractivismo en el Ecuador caso de estudio en las parroquias rurales del cantón Muisne. *Dominio de las ciencias*, 3 (1), 689-713. <http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaiip.2017.3.mono1.ago.689-713>
- Carrera, F., y Vicente da Silva, E. (2019). Percepción ambiental de habitantes de comunidades que viven aledañas al ecosistema manglar. El caso de la comunidad de Bunche, en Muisne, Ecuador. *Espacio Abierto*, 28 (4), 36 - 56. <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/espacio/article/view/30673>
- Centro de Levantamientos Integrados de Recursos por Sensores Remotos [CLIRSEN]. (1990). *Estudio multitemporal de los manglares, camaronerías y áreas salinas de la costa ecuatoriana, mediante información de sensores remotos*. Serie Estudios3. CLIRSEN. https://www.crc.uri.edu/download/CLIRSEN_1987s.pdf
- Cerón-Souza, I., Barreto, M. B., Barreto-Pittol, E., Silva, A., Feliner, G. N., y Medina, E. (2021). *Rhizophora* zonation, salinity, and nutrients in the western atlantic. *Biotropica*, 53(2), 384-396. <https://doi.org/10.1111/btp.12924>
- Cuevas-Díaz, M. del C., Hernandez-Romero, Á. H., Vázquez-Luna, D., Lara-Rodríguez, D. A., Guzmán-López, O., González-Arvizu, J. E., y Ontiveros-José, J. I. (2020). Effect of anthropogenic activities on mangrove coverage in the lower Coatzacoalcos river basin. *Ecosistemas*, 29(3), 1954. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1954>
- Dewiyanti, I., Rifki, M., Octavina, C., Ulfa, M., Damora, A., y Nurfadillah, N. (2023). Important value index (IVI) and diversity of mangrove vegetation in Aceh Tamiang, Aceh Province. *Depik*, 12(2), 190-197. <https://doi.org/10.13170/depik.12.2.31130>
- Díaz, J. (2011). Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de Topolobampo. *Ra Ximhai*, 7(3), 355-369. <https://doi.org/10.35197/rx.07.03.2011.05.jd>
- Diyah Retnosari, F., Andriyono, S., y Nurmalia Dewi, N. (2024). Bioaccumulation of heavy metals lead, copper, and zinc in mangrove roots *Avicennia marina*, water, and sediment in Panceng Waters, Gresik, Jawa Timur. *Journal of Marine and Coastal Science*, 13(2), 78-92. <https://doi.org/10.20473/jmcs.v13i2.52524>
- Drouet Yáñez, A. M. (2019). *Evaluación del estado actual de la regeneración natural del bosque del manglar del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/37636>
- Echeverría-Ávila, S., Pérez-Ceballos, R., Zaldívar-Jiménez, M., Canales-Delgadillo, J., Brito-Pérez, R., Merino-Ibarra, M., y Vovides, A. (2019). Regeneración natural de sitios de manglar degradado en respuesta a la restauración hidrológica. *Madera y Bosques*, 25(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511754>
- El Ashmawy, A., Masoud, M., Yoshimura, C., Dilini, K., y Abdel-Halim, A. M. (2021). Accumulation of heavy metals by *Avicennia marina* in the highly saline Red Sea coast. *Environmental science and pollution research international*, 28(44), 62703-62715. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15205-6>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Camarones. (2020). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia rural Camarones 2020 -2023*. https://www.gadcamarones.gob.ec/media/gadcamarones/pdot_archivos/PDyOT_CAMARONES_02082021_1.pdf
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Tachina. (2019). *Plan de desarrollo y de ordenamiento territorial de la parroquia Tachina 2019 -2023*. <https://www.prefecturaesmeraldas.gob.ec/web/assets/pdot-tachina.pdf>
- González-Hernández, L., Sol-Sánchez, A., Pérez-Vázquez, A., y Obrador-Olan, J. J. (2017). Sobrevivencia y crecimiento de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) en plantaciones reforestadas y regeneración natural. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (14), 2769-2782. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i14.445>
- Guadamuz, N., y Sean-Bloomfield, M. (2019). Composición florística y estructura del manglar de los Cayo Miskitos a 10 años después del huracán Félix. *Revista Universitaria Del Caribe*, 22(1), 88-93. <http://ri.uagro.mx/handle/uagro/621>
- Hossain, M., Othman, S., Bujang, J. S., y Kusnan, M. (2003). Macronutrients content in different parts of seedling, sapling and tree of *Bruguiera parviflora* of kuala selangor nature park mangrove forest in Malaysia. *Khulna University Studies*, 15-20. <https://doi.org/10.53808/KUS.2003.5.1.0348-L>
- Iqbal, U., Azam, A., Ahmad, K. S., Mumtaz, S., Mehmood, A., Naz, N., Usman, Z., Abbas, H., y Akram, M. (2024). Unveiling the ecological dominance of button mangrove (*Conocarpus erectus* L.) through microstructural and functional traits modifications across heterogenic environmental conditions. *Botanical Studies*, 65(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s40529-024-00440-0>
- Ismail, Sulistiono, Hariyadi, S., y Madduppa, H. (2021). Diversity, density, and importance value index of mangroves in the Segara Anakan lagoon and its surrounding area, Cilacap Regency, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 744(1), 012034. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/744/1/012034>
- Kallushettihalli Mallappa, V. K., y Kumara, V. (2020). Physico-Chemical Analysis of Mangrove Soil, Kundapura, Karnataka, India. *Current World Environment*, 15(3), 624-631. <https://doi.org/10.12944/CWE.15.3.27>
- Kathiresan, K., y Bingham, B. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40(1), 81-251. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(01\)40003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(01)40003-4)
- Kusmana, C. (1991). Soil as a factor influencing the mangrove forest communities in Talidandang Besar, Riau. *Biotropia*, 4(1), 9-18. <https://journal.biotrop.org/index.php/biotropia/article/view/207/176>
- Kusmana, C. (2014). Distribution and current status of mangrove forests in Indonesia. In *Mangrove Ecosystems of Asia* (pp. 37-60). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9888-8_3

- org/10.1007/978-1-4614-8582-7_3
- Limmon, G., Waardenburg, E., Lengkeek, W., Vodegel, P., y Krisye, Noya Y. (2023). Restoration of mangrove ecosystem on biodegradable media on the coast of Waai Village. *Mestaka: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(2), 99–103. <https://doi.org/10.58184/mestaka.v2i2.39>
- López Rodríguez, F. (2020). *Definición de un modelo de gestión para las áreas de custodia de manglar bajo manejo comunitario los acuerdos de uso sustentable y custodia de manglar en Ecuador*. Universidad de Cádiz. <https://rocin.uca.es/handle/10498/29080>
- Macías Vargas, S. E. (2022). *Distribución espacial, sistema ecológico y caracterización florística de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/37719>
- Malik, A., Mertz, O., y Fensholt, R. (2017). Mangrove forest decline: consequences for livelihoods and environment in South Sulawesi. *Regional Environmental Change*, 17(1), 157–169. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-0989-0>
- Mama, A., Chougong, D., Dingong, G., Bessa, A., Dicka, E., Ajonina, G., y Ndam, J. (2024). Dendrometrical structure and physicochemical analysis of mangrove sediments from the Nyong River Estuary (Cameroon, Atlantic Coast). *Journal of Water Resources and Ocean Science*, 13(2), 23–41. <https://doi.org/10.11648/j.wros.20241302.11>
- Mejía, L., Molina, M., Sanjuan, A., Grijalba, M., y Niño, L. (2014). Bosque de manglar, un ecosistema que debemos cuidar. <https://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/12/bosque-de-manglar-un-ecosistema-que-debemos-cuidar.pdf>
- Melo Cruz, O., y Vargas Ríos, R. (2003). *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Universidad del Tolima. <https://www.yumpu.com/es/document/view/14197807/evaluacion-ecologica-y-silvicultural>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE] y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2014). *Árboles y arbustos de los manglares del Ecuador*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=55818>
- Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica [MAATE]. (2015). *Plan de manejo refugio de vida silvestre manglares estuario Río Esmeraldas*. <https://www.scribd.com/document/374490675/PM-Manglares-Estuario-Rio-Esmeraldas-2015>
- Mira, J. D., Urrego, L. E., y Monsalve, K. (2019). Natural and anthropic determinants of distribution, structure and floristic composition of mangroves in the Natural Sanguaré Reserve, Colombia. *Revista De Biología Tropical*, 67(4), 810–824. <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i4.30833>
- Morancy, J., Albuquerque, H., y Cavalcanti da Cunha, A. (2021). Effects of anthropic activity dynamics on mangrove ecosystems' degradation in Caracol County – Haiti. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-979434/v1>
- Moreira Estrella, H. R. (2020). Estado de las poblaciones del mangle blanco *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* (Combretaceae) en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 14(2), 190–200. <https://doi.org/10.53591/cna.v14i2.1306>
- Morocho, R., González, I., Ferreira, T. O., y Otero, X. L. (2022). Mangrove Forests in Ecuador: A Two-Decade Analysis. *Forests*, 13(5), 656. <https://doi.org/10.3390/f13050656>
- Numbere, A., y Obanye, C. (2023). Impacto ambiental de la quema de arbustos en la fisicoquímica del suelo de los manglares en Eagle Island, Delta del Níger, Nigeria. *Revista Americana de Ciencias de las Plantas*, 14(02), 191–201. <https://doi.org/10.4236/ajps.2023.142015>
- Pimentel Victório, C., Silva dos Santos, M., Cordeiro Dias, A., Silvério Pena Bento, J. P., dos Santos Ferreira, B. H., da Costa Souza, M., Kato Simas, N., y do Carmo de Oliveira Arruda, R. (2023). *Laguncularia racemosa* leaves indicate the presence of potentially toxic elements in mangroves. *Scientific Reports*, 13(1), 4845. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31986-x>
- Quispe, A., Quiñonez, M., Nazareno, I., y Quiñonez, L. (2021). Sistemas de información geográfica y economías de subsistencias en la comunidad rural de San-Antonio, Esmeraldas-Ecuador. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 44, 79–90. <https://www.risti.xyz/issues/ristie44>
- Reef, R., Schmitz, N., Rogers, B., Ball, M., y Lovelock, C. (2012). Differential responses of the mangrove *Avicennia marina* to salinity and abscisic acid. *Functional Plant Biology* 39, 1038–1046. <https://doi.org/10.1071/FP12178>
- Reef, R., Winter, K., Morales, J., Adame, M., Reef, D., y Lovelock, C. (2015). The effect of atmospheric carbon dioxide concentrations on the performance of the mangrove *Avicennia germinans* over a range of salinities. *Physiologia plantarum*, 154(3), 358–68. <https://doi.org/10.1111/ppl.12289>
- Riaz, A., Tariq, U., Qasim, M., Shaheen, M.R., Iqbal, A., y Younis, A. (2016). Effect of water stress on growth and dry matter partitioning of *Conocarpus erectus*. *Acta Hort.* 1112, 163–172. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1112.23>
- Rodríguez, F. V. L. (2022). Mangroves of Ecuador. En *Mangroves: Biodiversity, Livelihoods and Conservation* (pp. 489–519). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0519-3_19
- Rodríguez Villón, G. F. (2015). *Determinación de la estructura, diversidad y abundancia de la vegetación del manglar de Palmar provincia de Santa Elena durante Octubre 2014 / Marzo 2015*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2204>
- Rodríguez Reales, R. (2022). *Evaluación de la influencia de parámetros fisicoquímicos del agua y el suelo en la estructura, composición y almacenamiento de carbono de la comunidad de mangles en la Ciénaga de Mallorquín, Barranquilla, Colombia*. Universidad del Norte. <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/10973/1045717701.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez Montes, D. L. (2007). *Diseño de estrategias participativas de manejo dirigidas hacia una administración ambiental local a partir del diagnóstico socio-biológico de los manglares en isla fuerte caribe colombiano*. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://hdl.handle.net/11059/798>
- Sierra, S. (2018). Influencia de los impactos antrópicos en la estructura del manglar en la ensenada de Virudó, Bajo Baudó, Chocó, Colombia (parte I). *Sabia Revista Científica*, 4(1), 59–93. <https://doi.org/10.47366/sabia.v4n1a5>
- Suárez, L. (2016). *Plan de acción regional para la conservación de los manglares en el Pacífico Sudeste*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246476>

- Tomlinson, P. (2016). *The Botany of Mangroves* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139946575>
- Torán Figueroa, R. G. (2020). *Estructura y composición florística en relación con los parámetros físicos y bióticos del bosque del manglar del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Muisne (RVSMERM)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/37500>
- Torres, V., Infante, D., Sánchez, A., Espinoza, A., y Barba, E. (2018). Degradación de hojarasca y aporte de nutrientes del manglar en la Laguna Mecoacán, Golfo de México. *Revista De Biología Tropical*, 66(2), 892–907. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33421>
- Valle Estrada, A. G. (2007). *Estructura del bosque de manglar y algunos aspectos sobre la fauna asociada a las raíces de Rhizophora mangle (L., 1773) en la Ciénaga de Cholón, Isla de Barú, municipio de Cartagena, Caribe Colombiano*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. <https://hdl.handle.net/20.500.12010/1189>
- Valle, A., Osorno, A., y Gil, D. (2016). Estructura y regeneración del bosque de manglar de la Ciénaga de Cholón, Isla Barú, parque nacional natural Corales del Rosario y San Bernardo, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40(1) 115-130. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2011.40.1.105>
- Van Hespén, R., Hu, Z., Peng, Y., Zhu, Z., Ysebaert, T., y Bouma, T. J. (2022). Identifying trait-based tolerance to sediment dynamics during seedling establishment across eight mangrove species. *Limnology and Oceanography*, 67(10), 2281–2295. <https://doi.org/10.1002/lno.12202>
- Velázquez-Pérez, C., Tovilla-Hernández, C., Romero-Berny, E. I., y de Jesús-Navarrete, A. (2019). Estructura del manglar y su influencia en el almacén de carbono en la reserva La Encrucijada, Chiapas, México. *Madera y Bosques*, 25(3). <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531885>
- Vences, J., Sampedro, M., Castillo, B., Olmos, E., Juárez, A., Reyes, M., Amaya, I., y Ciprino, J. (2016). Afectación del manglar por actividades antrópicas en la subcuenca de Nuxco, Guerrero, Mexico. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 3 (2), 163-174. <http://ri.uagro.mx/handle/uagro/621>
- Wang, W., Li, X., y Wang, M. (2019). Propagule dispersal determines mangrove zonation at intertidal and estuarine scales. *Forests*, 10(3), 245. <https://doi.org/10.3390/f10030245>
- Yates, E., Ashwath, N., y Midmore, D. (2002). Responses to nitrogen, phosphorus, potassium and sodium chloride by three mangrove species in pot culture. *Trees*, 16, 120-125. <https://doi.org/10.1007/s00468-001-0145-3>
- Yépez Rendón, E. (2021). *Análisis del estado de conservación de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje (RE-MACAM)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/37529>