

Estructura y cuantificación de basura acumulada en la zona interna del manglar de Puntarenas, Costa Rica

Structure and quantification of accumulated garbage in the internal zone of the mangrove swamp of Puntarenas, Costa Rica

Nidya Nova-Bustos¹  • Yixlen Guzmán-Sánchez¹  • Meyer Guevara-Mora^{1,2} 

Recibido: 23/7/2021

Aceptado: 5/4/2022

Abstract

Mangrove forest communities are of vital importance due to the diversity of ecosystem services they provide. The objective of this study was to assess the structure and human impact generated in the inner zone of the Estero de Puntarenas Wetland and Associated Mangroves (HEPyMA). The study was carried out in 2017 and 10 monitoring plots of 10 m x 25 m were established in the inner zone of the mangrove forest, on the closest edges to agricultural land. In each plot, a vegetation, physicochemical and litter characterization was carried out. To evaluate the relationship between plots and physicochemical data, Pearson tests, ANOVA and Canonical Ordination Analysis were performed. A total of 217 trees were measured, distributed in 5 species. The complexity index for the whole mangrove was 4.61. In terms of litter, plastics and shoes were the two groups with the highest presence in the mangrove. The HEPyMA is evidence that structurally it is a resilient ecosystem, which has ecological characteristics that favor its high diversity and stability despite the different anthropogenic activities that take place in and around the mangrove. It is possible that the sandy arrow that forms the city of Puntarenas is functioning as a barrier, preventing a greater amount of the rubbish dragged by the sea from entering this sector of the mangrove, and therefore accumulating on the beach, so it is necessary and urgent to take conservation measures in order to avoid irreversible damage.

Keywords: Evaluation, classification, Estero de Puntarenas Wetland and associated mangroves (HEPyMA), physicochemical parameters, garbage.

1. Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional; Heredia, Costa Rica; nidya.nova.bustos@una.cr, yixlen.guzman.sanchez@una.ac.cr

2. Laboratorio de Entomología (LEUNA), Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional; Heredia, Costa Rica, meyer.guevara.mora@una.ac.cr

Resumen

Las comunidades del bosque de manglar son de vital importancia debido a la diversidad de servicios ecosistémicos que proveen. El objetivo de este estudio fue evaluar la estructura y el impacto humano generado en la zona interna del Humedal Estero de Puntarenas y Manglares Asociados (HEPyMA). El estudio se realizó en el año 2017 se establecieron 10 parcelas de monitoreo de 10 m x 25 m que se ubicaron en la zona interna del manglar, en los bordes más cercanos a terrenos de uso agrícola. En cada parcela se hizo una caracterización vegetal, fisicoquímica y de basura. Para evaluar la relación entre parcelas y los datos fisicoquímicos, se realizaron pruebas de Pearson, ANOVA y Análisis de Ordenación Canónica. Se midieron un total de 217 árboles, distribuidos en 5 especies. El índice de complejidad para todo el manglar fue de 4,61. En cuanto a la basura, los plásticos y zapatos fueron los dos grupos con mayor presencia en el manglar. El HEPyMA evidencia que estructuralmente es un ecosistema resiliente, que tiene características ecológicas que favorecen su alta diversidad y estabilidad a pesar de las diferentes actividades antropogénicas que se desarrollan en el manglar y sus alrededores. Es posible que la flecha arenosa que conforma la ciudad de Puntarenas esté funcionando como barrera, impidiendo que una mayor cantidad de la basura arrastrada por el mar ingrese a este sector del manglar, y por ello se acumule en la playa, por lo que es necesario y urgente tomar medidas de conservación con el fin de evitar daños irreversibles.

Palabras clave: Evaluación, estructura, Humedal Estero de Puntarenas y manglares asociados (HEPyMA), parámetros fisicoquímicos, basura.

Introducción

Las comunidades del bosque de manglar son de vital importancia ya que desempeñan valiosas funciones tales como: dar resguardo a las costas contra el desgaste hídrico y eólico [1] [2], dar un valor natural al aporte de la biodiversidad marino-costera [3], retener nutrientes y sedimentos [4], captura de carbono [4], exportar biomasa de los suelos costeros [5], proporcionar refugio y alimento para varios organismos marinos-dulceacuícolas en varias etapas de su vida y preservar el material genético de muchos individuos [6], [7]. Por consiguiente, los manglares dan la estabilidad ecológica y productiva de gran cantidad de recursos marinos en las zonas tropicales del mundo [8], [9]. A pesar de ello, en la actualidad hay muy poca generación de información científica acerca del cambio de uso de suelo [10], [11], [12] caracterización de entornos o definición de los tipos de cobertura relacionados con estos ecosistemas [13].

En Costa Rica se han realizado diversos estudios de la composición florística y estructura de los manglares del Pacífico [14], [15], [16], [17], [18], así como del Caribe [19], [20], [21]. También se han descrito a nivel de flora y fauna los manglares de Térraba-Sierpe [22] y del Pacífico norte [23]; sin embargo, a la fecha no se han realizado estudios científicos que cuantifiquen los desechos sólidos presentes en estos ecosistemas.

Un ejemplo de lo anteriormente dicho es la ausencia de información científica del Humedal Estero Puntarenas y Manglares Asociados (HEPyMA), el cual se ubica en el Pacífico central, y se estableció como área silvestre protegida mediante el decreto ejecutivo N° 29277 MINAE del año 2001. En el año 2006 se amplió su extensión, además se declaró de interés público toda iniciativa en favor de la preservación y recuperación de sus recursos naturales (Decreto ejecutivo N° 33327 MINAE 2006), lo anterior debido a que el estero presentaba altos índices de contaminación [24] lo que motivó a que diversas instituciones y miembros de la comunidad se unieran para atender y controlar la problemática (Decreto ejecutivo N° 24693 MAG 1995) [25].

Si bien dicha iniciativa contribuyó con la mejora de la calidad del agua del HEPyMA, la contaminación de sus aguas aún persiste, así como otros conflictos que han afectado al humedal desde hace muchos años, tales como invasión de la frontera agrícola, instalación de salineras y estanques para el cultivo de camarón, tala, sedimentación y modificación de la red hidrográfica [26]; como consecuencia entre el periodo de 1945-2018 se perdieron 865,7 ha de manglares, con una mayor tasa de pérdida entre 1945-1979 con 22,2 ha/año; para un total de 753 ha de manglar [27].

Actualmente las amenazas más fuertes que presenta el manglar son la sedimentación en el sector interno, la agricultura y la construcción de casas [27], además de la acumulación de basura, es por ello que el objetivo de este estudio fue evaluar la estructura y el impacto humano generado en la zona interna del HEPyMA.

Materiales y métodos

Área de estudio

El Humedal Estero Puntarenas y Manglares Asociados se ubica en la provincia de Puntarenas, en la costa oriental del golfo de Nicoya. Se extiende desde Chacarita, en su extremo sur, hasta la comunidad de Chomes, al norte y hacia la ciudad de Puntarenas [27]. Esta zona se caracteriza por tener un periodo seco que se extiende de diciembre hasta abril, y un periodo húmedo que se extiende de mayo a noviembre, durante esos periodos la temperatura fluctúa entre los 22 y 33°C [28], [29]. Por

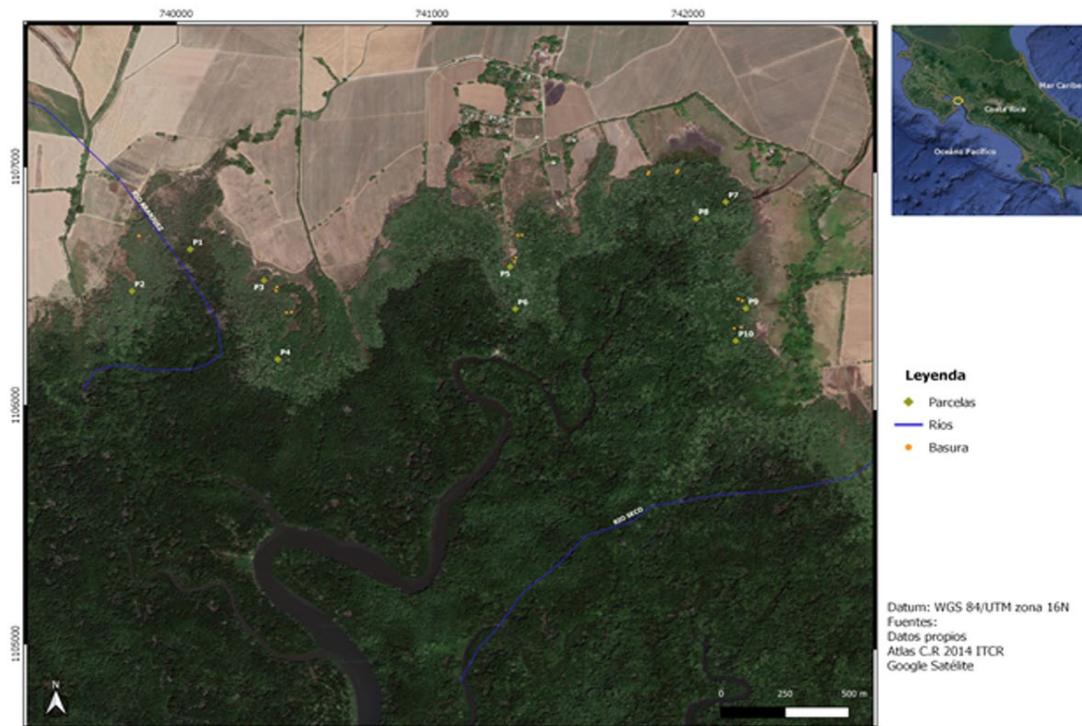


Figura 1. Ubicación del área de estudio en la zona interna del manglar de Puntarenas.

Figure 1. Location of the study area in the inner zone of the Puntarenas mangrove.

otra parte, la precipitación media anual varía entre 700 mm y 2000 mm [30]. Tiene una extensión aproximada de 57,7 km², de los cuales 15,49 km² pertenecen al área marina protegida, se encuentra bajo la administración del Área de Conservación Pacífico Central [3], y es bordeado por el estero de Puntarenas al oeste y por terrenos de uso agrícola por el lado este.

El estudio se realizó en marzo del año 2017 en un área comprendida entre las coordenadas 9° 59'26.90 N y 84°34'14.36 O [3], [31], la cual se seleccionó previamente mediante el análisis de mapas e imágenes satelitales con el fin de determinar la extensión y facilidades de acceso, además de la representación de los conflictos presentes en la zona interna de todo el manglar debido a su cercanía a poblados rurales y a la actividad agrícola intensiva (Figura 1).

Caracterización de la vegetación

Para los muestreos realizados en abril del año 2017 se establecieron 10 parcelas (por medio del análisis de las imágenes satelitales se determinó las áreas similares en composición) de monitoreo de 10 m x 25 m que se ubicaron estratégicamente en la zona interna del manglar, en los bordes más cercanos a terrenos de uso agrícola (Criterio de experto: [32]).

En cada parcela se cuantificó el número de árboles totales y por especie, las alturas y los diámetros (DAP) a

1,30 metros de altura, basándose en los criterios de [1] y [33]. Además, se establecieron mediciones de árboles ≥2,5 cm, tanto vivos como muertos, para determinar alguna relación con la actividad antropogénica

Según lo establecido por [34], para el área de estudio y cada una de las parcelas se determinaron los siguientes atributos estructurales:

$$\text{Índice de complejidad (IC)} = (\text{Altura} \times \text{Área}_{\text{Basal}} \times \text{Número de especies} \times \text{Densidad}) / 1000$$

$$\text{Área basal (cm}^2\text{)} = \pi/4 (\text{DAP (cm)})^2$$

$$\text{Índice de Valor de Importancia (IVI)} = \text{densidad relativa} + \text{dominancia relativa} + \text{frecuencia relativa [35].}$$

Para la estimación del índice de complejidad de toda el área evaluada se promediaron los valores de altura, área basal y densidad, y se usó el número más alto de especies halladas en el sitio.

Caracterización fisicoquímica de agua

Para las tomas de agua de cada parcela se enterró un tubo de PVC de 1,20 metros (en cada parcela) y en su parte inferior tenía huecos que permitió que se acumulara el agua. Con ayuda de un barreno, se introducía por el tubo de PVC, se muestrearon solo 250 ml de agua por parcela de manera igual en todas.

Cuadro 1. Características estructurales de cada una de las parcelas establecidas en el manglar de Puntarenas.**Table 1.** Structural characteristics of each plot established in the Puntarenas mangrove.

Parcelas	Altura promedio	Área Basal Total	Número de especies	Densidad (0.1 Ha)	Índice de Complejidad
Parcela 1	17.50	0.8935	1	104	0.7850
Parcela 2	11.00	0.5839	1	68	0.4367
Parcela 3	7.76	1.1461	2	88	1.5652
Parcela 4	10.62	1.3653	5	64	4.6398
Parcela 5	8.97	1.6275	2	96	2.8029
Parcela 6	9.90	0.4898	2	96	0.9310
Parcela 7	7.14	1.2638	1	144	1.2994
Parcela 8	12.22	1.2319	1	88	1.3248
Parcela 9	8.44	0.8982	2	52	0.7884
Parcela 10	11.40	0.7980	4	68	2.4746

En cada una de las parcelas, en la época lluviosa y durante la marea baja se colectaron $n=10$ muestras de agua, con el fin de caracterizar los parámetros fisicoquímicos con un multiparámetros YSI 556: los parámetros físico-químicos: pH, Temperatura (Celsius), Oxígeno (%) = porcentaje de oxígeno, UPS= Salinidad y O_2 mg (mg)= concentración de oxígeno.

Caracterización de la basura

Se usaron los criterios establecidos por Cordeiro y Costa [36] para la cuantificación de la basura en $n= 5$ parcelas transversales a los transectos realizados para la medición estructural (Fig. 1), con un largo de 200 metros y un ancho de 50 metros. El muestreo se realizó en abril del año 2019 durante la marea baja, para ello se llevaron a cabo recorridos simultáneos, sistemáticamente predefinidos a lo largo de cada parcela, durante los cuales se elaboraron listados para la clasificación de la basura, según número y tipo de basura. Los tipos de basura fueron también predefinidos mediante observaciones previas que determinaron ocurrencia y material de basura, de esta manera se establecieron como desechos sólidos más frecuentes: material plástico, vidrio, hules/poliuretano, tela, madera y zapatos. Se consideró además la cercanía e influencia portuaria, turística y urbana que tiene este manglar desde la ciudad de Puntarenas.

Procedimiento de análisis de la información

Para caracterizar el manglar, se usó la información estructural que se procesó mediante una tabla dinámica de Microsoft Excel. Además, se determinó la transformación de los datos y se realizó un escalamiento multidimensional (MDS) y el análisis de un clúster [37], [38] y [39].

Además, para evaluar la relación entre parcelas y los datos fisicoquímicos, en los casos de tener una distribución normal, se realizaron pruebas paramétricas (Software R Core TEAM), correlación de Pearson, ANOVA y un análisis de ordenación canónica [38], [39].

Para observar la diferencia entre parcelas y entre grupos de basura establecidos, se aplicó el índice de Simpson (D), además se calculó la abundancia relativa encontrada en cada parcela en el área de 200*50 metros. Por último, se realizó una correlación de Spearman, de la densidad de basura por grupo.

Resultados

Caracterización de la estructura

Se midieron un total de 217 árboles, distribuidos en 5 especies: *Avicennia bicolor* Standl, *Avicennia germinans* (L.) L., *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn., *Rhizophora racemosa* G. Mey. y *Pelliciera rhizophorae* Planch. & Triana (Cuadro 1). De ellos 151 árboles presentaron un diámetro mayor a 10 cm, 64 individuos tuvieron un diámetro mayor a 2.5 cm y menor a 10 cm, y solamente dos árboles mostraron un diámetro menor a 2.5 cm. Además, se encontraron 13 árboles muertos, 8 de ellos en la parcela 2; y 6 ± 1.14 individuos secos.

El índice de complejidad para todo el manglar fue de 4,6100, en cuanto a cada parcela el mayor índice de complejidad lo presentó la parcela 4 con un valor de 4,6398, seguido por la parcela cinco con un valor de 2,8025; por otra parte, el menor índice de complejidad lo obtuvo la parcela dos con un valor de 0,4367. Si bien, en la parcela cuatro se pudieron encontrar cinco de las siete

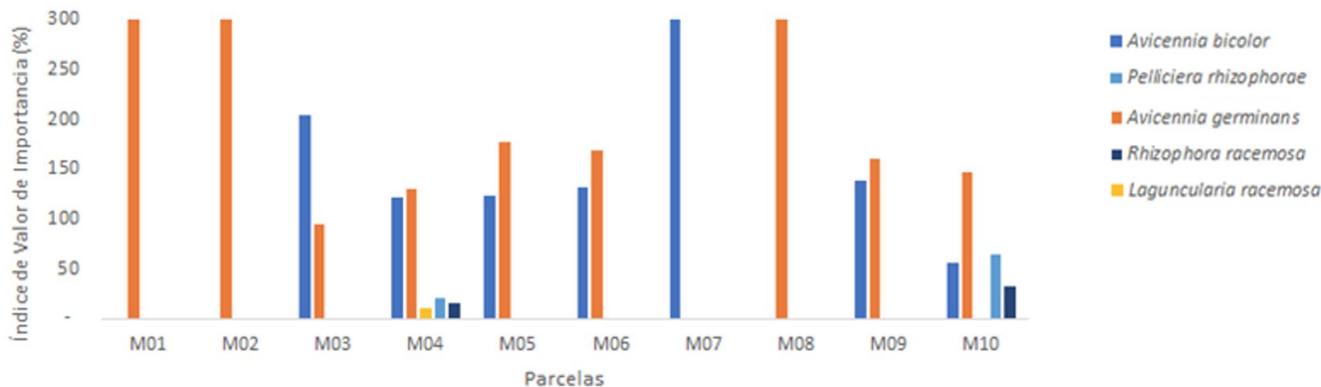


Figura 2. Índice de valor de importancia de las especies presentes en cada parcela establecida en el manglar de Puntarenas.

Figure 2. Importance value index of the species present in each plot established in the Puntarenas mangrove.

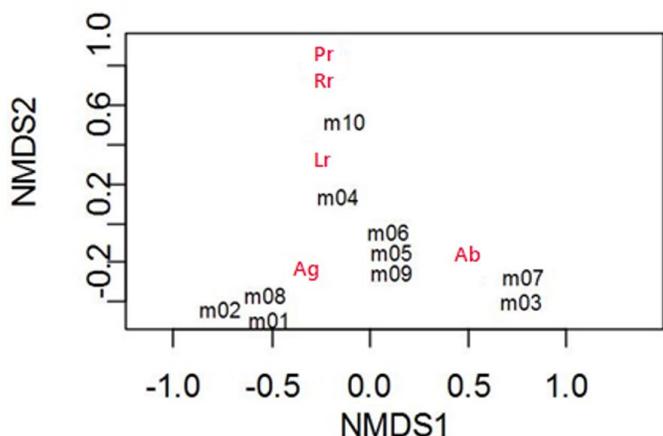


Figura 3. Índice de valor de importancia de las especies presentes en cada parcela establecida en el manglar de Puntarenas.

Figure 3. Importance value index of the species present in each plot established in the Puntarenas mangrove.

especies de mangle nuclear presentes en el HEPyMA, además una de las alturas promedio y área basal total más altas, el alto índice de complejidad de esta parcela está dado mayormente por las especies del género *Avicennia*, lo mismo ocurre en la parcela cinco dominada completamente por las especies de dicho género.

Las especies que presentaron los mayores índices de valor de importancia fueron *A. germinans* presente en nueve de las diez parcelas y *A. bicolor* presente en siete de las diez parcelas. El menor índice de valor de importancia lo obtuvo *L. racemosa* con un 11%, presente solamente en la parcela 4 (Figura 2).

Procedimiento de análisis de la información

Para el análisis estadístico para la caracterización vegetal se denominó a las parcelas externas como m01, m03, m05, m07 y m09, y las más internas como m02, m04, m06, m08 y m10. Debido a que no hubo necesidad de transformar los datos se efectuó un escalamiento multidimensional (MDS) (Figura 3), el cual determina que los datos son muy homogéneos, y que las diferencias entre grupos se debieron principalmente a los valores de riqueza y abundancia de individuos por la mayor presencia de especies en las parcelas 4 y 10.

Por otro lado, la figura 4 representa la riqueza de especies entre las 10 parcelas por medio del análisis de un clúster, y el dendrograma establece 4 grupos según la composición de especies que se encontró en la parte interna del manglar de Puntarenas, donde nuevamente las parcelas 4 y 10 muestran la mayor diferencia debido a que presentaron más especies (5 y 4 respectivamente).

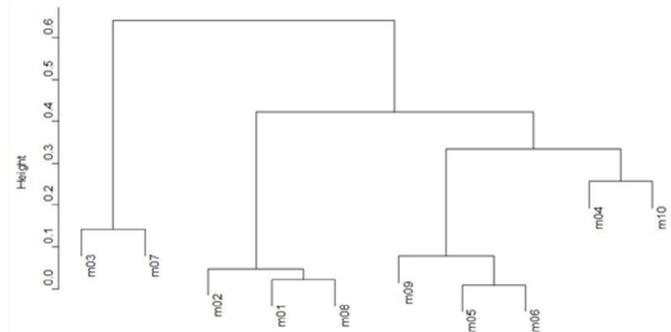


Figura 4. Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) de la riqueza de especies por parcela muestreada en la parte interna del manglar del manglar de Puntarenas.

Figure 4. Multidimensional scaling (MDS) analysis of species richness per sampled plot in the inner part of the Puntarenas mangrove swamp.

Además, se realizó un PERMANOVA, para comparar si hay diferencias entre la composición de especies en las parcelas que están más internas o externas en el área de estudio. No se determinaron diferencias en la composición de especies es igual en todo el manglar en

Cuadro 2. Parámetros fisicoquímicos del agua en las 10 parcelas en la zona interna del manglar de Puntarenas: pH, Temperatura (Celsius), Oxígeno (%) = porcentaje de oxígeno, UPS= Salinidad y [] O₂ mg/L= concentración de oxígeno.

Table 2. Physicochemical parameters of the water in the 10 plots in the inner zone of the Puntarenas mangrove: pH, Temperature (Celsius), Oxygen (%) = oxygen percentage, UPS= Salinity and [] O₂ mg/L= oxygen concentration.

Parcelas	pH	T° (°C)	% O ₂	UPS	[] O ₂ mg
m01	7.34	28.43	81.20	67.59	4.34
m02	7.51	27.43	84.70	60.49	4.77
m03	7.97	27.28	86.00	64.02	4.77
m04	7.37	27.24	86.20	34.41	5.64
m05	7.94	26.95	87.40	40.33	5.56
m06	7.26	27.01	87.10	45.05	5.39
m07	7.60	26.85	88.02	30.69	5.94
m08	7.51	27.06	87.02	34.50	5.73
m09	7.05	26.94	87.05	54.78	5.13
m10	7.65	26.72	88.05	21.70	6.27

Cuadro 3. Promedio ± Desviación estándar y porcentaje (%) de los 6 grupos según su composición: plástico, vidrio, hule espuma, tela, madera y zapatos.

Table 3. Mean ± Standard deviation and percentage (%) of the 6 groups according to their composition: plastic, glass, foam rubber, cloth, wood and shoes.

Grupo según composición	Promedio± D.E.	%
Plástico	22.4±29.58	13.18
Vidrio	0.4±0.55	0.24
Hule espuma	1.2±2.17	0.71
Tela	0.2±0.45	0.12
Madera	2.4±1.95	1.41
Zapatos	7.4±15.44	4.35

la zona interna, dado que no se encontraron diferencias significativas (F=2,99, 1 g.l., P>0,05), con un r² =0,27, lo que confirma la homogeneidad del manglar presente en esta área.

En el cuadro 2, los parámetros fisicoquímicos presentaron valores similares entre las parcelas, a excepción de la salinidad cuyo menor valor lo presentó la parcela 10. Además, la parcela 01 presentó el valor más alto de temperatura y el menor porcentaje de O₂ en la muestra de agua.

Posteriormente, se hizo un análisis de parámetros físicos y químicos donde no se encontraron diferencias significativas (F= 1,4978, 1,8 gl., P>0,05). Primero, se realizó un análisis canónico de tendencia (DCA) con la

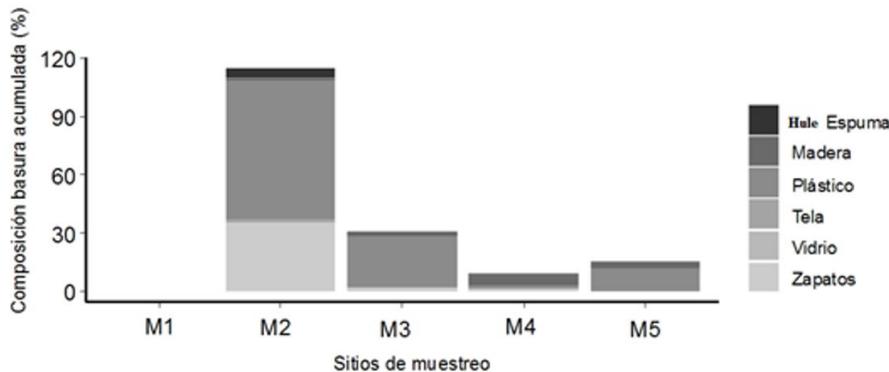


Figura 5. Valores totales (%) de los 6 grupos de basura, según su composición, en las 5 parcelas muestreadas en la parte interna del manglar de Puntarenas.

Figure 5. Total values (%) of the 6 garbage groups, according to their composition, in the 5 sampled plots in the inner part of the Puntarenas mangrove.

longitud de gradientes y como sus valores eran menores a 4, se optó por hacer un análisis de redundancia (RDA), el cual explica la riqueza de las especies en un 65 %, por variables físicoquímicas, no obstante, el modelo no es significativo ($P > 0.05$).

Cuantificación y clasificación de basura acumulada en el manglar de Puntarenas

Para la cuantificación de la basura se denominó a las parcelas como M1, M2, M3, M4 y M5. Esto significa que en la zona interna del manglar de Puntarenas se hallaron 170 objetos clasificados en 6 grupos según su composición (Cuadro 3). Se debe destacar que los plásticos y zapatos fueron los dos grupos con mayor porcentaje de presencia en el manglar con valores de $22,4 \pm 29,58$ y $7,4 \pm 15,44$ respectivamente.

En la parcela 1 no se encontró ninguno de los 6 grupos de basura. Por otra parte, los grupos que se encontraron con mayor cantidad en las restantes parcelas fueron el plástico y los zapatos (Figura 5).

Discusión

Caracterización estructural

En el HEPyMA se han identificado las siete especies nucleares de manglar reportadas en el país, pero en el sector evaluado se encontraron cinco de ellas. Asimismo, esta área presentó un índice de complejidad total mayor al reportado para otros manglares del país como Palo Seco [18] y Rincón de Osa [17], pero más bajo que el reportado para Puerto Soley [19], playa Blanca y Escondido [17], y Potrero Grande y Santa Elena [16].

Según Jiménez y Soto [15] en las secciones internas del manglar de Puntarenas, donde la influencia de los ríos es baja, los suelos presentan salinidades más altas y la vegetación muestra un desarrollo estructural reducido. Lo anterior se evidencia al comparar el valor promedio de DAP de esta investigación (16,85 cm), con el obtenido por [36] que fue de 18,41 cm, y en cuyo estudio los transectos fueron establecidos en sitios más externos del mismo manglar.

En cuanto a la mayor presencia de las especies de *Avicennia* spp., podría explicarse a su preferencia por suelos más consolidados, pero de granulometría fina (suelos finos o arenas) [40] que suelen encontrarse en el área interna del manglar, así como a la capacidad para desarrollarse con mayor facilidad que las otras especies nucleares en suelos arenosos [41]. Asimismo, en las zonas internas del manglar donde la escorrentía y el drenaje están ausentes, la especie dominante suele ser *A. germinans* [25], [42], [43], [44], esta especie

está presente en todo el Pacífico del país, pero es más abundante en el Pacífico seco [15] región a la que pertenece el HEPyMA. Por su parte, *A. bicolor* se ve favorecida por su capacidad de resistir las condiciones típicas de las zonas con climas secos pudiendo formar amplios rodales en sitios donde la salinidad es menor al 50 % [45], [46].

Por otro lado, la presencia de *L. racemosa* suele estar muy restringida en los manglares, tanto de climas lluviosos como secos [46], [47]. Sin embargo, estudios recientes han determinado que la especie es recolonizadora de las áreas donde se ha generado una fuerte extracción por tala de *Rhizophora mangle* [46], [42]. Además, al igual que las especies de *Avicennia* spp., *L. racemosa* muestra mayor capacidad para desarrollarse en granulometrías más gruesas [41].

En el caso de *P. rhizophorae* se considera que es más sensible a suelos con alta salinidad y suele crecer en sitios elevados cercanos a lagunas salobres o drenajes de agua dulce [48], [49]. Además, en condiciones controladas de laboratorio la especie presenta baja tolerancia a altas condiciones de luz y salinidad en las que sufre mayor mortalidad, mientras que en condiciones de agua fresca y luminosidad baja-media crece mejor, lo que demuestra la poca capacidad de la especie a tolerar condiciones estresantes, contrario a lo ocurrido con *A. germinans* que sobrevive bien en los diversos tratamientos, aunque en condiciones de alta salinidad disminuye su biomasa [43], lo anterior podría explicar la mayor abundancia de dicha especie en la zona de estudio. Por otra parte, al igual que *R. racemosa*; *P. rhizophorae* se distribuye de mejor forma en sedimentos lodo arenosos y lodosos donde suelen encontrarse formando rodales mixtos en los que *R. racemosa*, ubicada en zonas más externas; sirve como barrera otorgando protección a *P. rhizophorae* [41].

En relación con la salinidad, se ha determinado que existen patrones similares de distribución de las especies en función del gradiente de salinidad, de manera que las especies de *L. racemosa* suelen ubicarse en la zona media y superior, las de *R. mangle* lo hacen en las zonas inferiores y las de *A. germinans* suelen ubicarse en las zonas superiores de los estuarios [45], [50]. Asimismo, las especies del género *Avicennia* spp. son consideradas como indicadoras de zonas con alta salinidad por las que muestran una mayor preferencia y ocurrencia [51], y suele dominar las zonas más altas del manglar lo que demuestra su gran adaptabilidad a condiciones desfavorables [31], [33]; lo anterior podría explicar la mayor abundancia de las especies de este género en este sector del manglar.

Por otra parte, en este estudio se identificó que la parcela más cercana al río presentó el valor más alto de temperatura y el menor porcentaje de O_2 en la muestra de agua, esto posiblemente se deba a la poca y lenta

renovación del agua, lo que conlleva que haya poco oxígeno [31].

Caracterización de la basura

El plástico es el residuo sólido encontrado con más frecuencia en las playas a nivel mundial [52], [53]. En el caso del manglar de Puntarenas también fue el desecho más recurrente, junto con los zapatos debido a que ambos materiales son ampliamente usados por la población dada su alta versatilidad [54].

Asimismo, estudios recientes reportan al plástico como el residuo sólido con mayor presencia en el manglar [55], [56], [57], [58], [59], [60], [61], dentro de las implicaciones negativas que genera su presencia está la disminución de espacio para el establecimiento de las madrigueras y disminución de diversidad de cangrejos [47], lo que a su vez genera deterioro de la calidad del suelo [57] además de cambios en su estructura, disminución de la calidad del agua, afectación en el crecimiento de las plántulas y establecimiento de propágulos, degradación de la belleza escénica, entre otros [58].

Por otro lado, [55], [59] y [60] encontraron que la cantidad de desechos sólidos varía en las distintas zonas del manglar de acuerdo con la cercanía a las comunidades; así como en las diferentes épocas del año de manera que en las temporadas altas de visitación a las playas adyacentes se incrementa la presencia de residuos en el manglar [54]. Adicionalmente, [60], sugieren que los manglares podrían estar funcionando como sumideros de la basura proveniente tanto del mar como de la tierra, ya que los residuos suelen quedar atrapados en las ramas, troncos, y raíces de los árboles lo que impide que se trasladen y/o regresen al mar o playas contiguas.

Además, [55] reportan que los días con clima lluvioso y ventoso previos a los muestreos pudieron favorecer la acumulación de desechos sólidos livianos, principalmente plástico; en tanto que [59] indican que la abundancia de basura y microplásticos también depende del estado de alteración del manglar, intensidad de las actividades pesqueras y los tipos de canales de agua presentes en el sitio evaluado, lo anterior podría explicar la escasa presencia de residuos en este sector del manglar de Puntarenas ya que el muestreo se llevó a cabo durante la época seca y en un área lejana a asentamientos humanos.

Conclusiones

El HEPyMA evidencia que estructuralmente es un ecosistema resiliente, que tiene características ecológicas que favorecen su alta diversidad y estabilidad

a pesar de las diferentes actividades antropogénicas que se desarrollan en el manglar y sus alrededores.

Es posible que la flecha arenosa que conforma la ciudad de Puntarenas esté funcionando como barrera, impidiendo que una mayor cantidad de la basura arrastrada por el mar ingrese a este sector del manglar, y por ello se acumule principalmente en la playa.

A pesar de lo anterior, hubo presencia de desechos en el manglar que afectan negativamente el funcionamiento ecológico del ecosistema, por lo que es necesario y urgente tomar medidas de conservación con el fin de evitar daños irreversibles.

Agradecimientos

A Luis Villalobos Chacón por el apoyo y oportunidad de trabajar en el proyecto. El trabajo fue financiado por el proyecto denominado: Evaluación y seguimiento de manglares en el litoral Pacífico de Costa Rica, de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional, SIA 0586-17. Además, a los editores de la revista Kuru y a los revisores en pro de mejora del manuscrito.

Referencias

- [1] G. Cintrón and Y. Schaeffer-Novelli, *Introducción a la ecología del manglar*. Montevideo, Uruguay: UNESCO, 1983.
- [2] D. Güell, E. Pineda and D. M. Salas, "Procesos hidrogeomorfológicos de transporte y sedimentación en el sistema lagunar de Mata de Limón, Puntarenas, Costa Rica," *Licenciatura Tesis, Universidad de Costa Rica, Costa Rica*.2000.
- [3] E. Salas, E. Ross Salazar and A. Arias, *Diagnóstico de áreas marinas protegidas y áreas marinas para la pesca responsable en el Pacífico costarricense*, San José, Costa Rica, Eds. Fundación MarViva. 2012.
- [4] T. Passos, D. Penny, C. Sanders, E. De França, T. Oliveira, L. Santos, & R. Barcellos, "Mangrove carbon and nutrient accumulation shifts driven by rapid development in a tropical estuarine system, northeast Brazil," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 166, May., pp. 1-7, 2021.
- [5] E. Vargas-Fonseca, "Capacidad de regeneración natural del bosque de manglar del Estero Tortuga, Osa, Puntarenas, Costa Rica," *Revista Biología Tropical*, vol 63, no. 1, Apr., pp. 209-218, 2015.
- [6] H. Dugan, *Conservación de humedales: un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias*. Milán, Italia: UICN, 1992.
- [7] F. Pizarro and H. Angulo, "Diagnóstico de los manglares de la costa pacífica de Costa Rica", en *El ecosistema de manglar en América Latina y la cuenca del Caribe: su manejo y conservación*, D. Suman Ed., New York, EE.UU.: The Tinker Foundation. 1994, pp. 34-63.
- [8] F. Pizarro, L. Piedra, J. Bravo, J. Asch and C. Asch, *Manual*

- de procedimientos para el manejo de manglares. Heredia, Costa Rica: Editorial Fundación UNA, 2004.
- [9] A. Yáñez-Arancibia, R. Twilley, and A. Lara, "Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global," *Madera y Bosques*, vol. 4, no. 2, pp. 3-19, 1998.
- [10] C. Velázquez-Pérez, C. Tovilla-Hernández, E. I. Romero-Berney, and A. De Jesús-Navarrete, "Estructura del manglar y su influencia en el almacén de carbono en la Reserva La Encrucijada, Chiapas, México," *Madera bosques*, vol. 25, no. 3, May., pp. 1-14, 2019.
- [11] E. I. Romero-Berney, C. Tovilla-Hernández, N. Torrescano-Valle, and B. Schmook, "Heterogeneidad estructural del manglar como respuesta a factores ambientales y antrópicos en el Soconusco, Chiapas, México," *Polibotánica*, no. 46, pp. 39-58, 2019.
- [12] A. L. Arrieta-Sancho, "Caracterización del manglar de Jicaral, Puntarenas, como insumo básico para la elaboración de un plan de recuperación del ecosistema," *Licenciatura Tesis*, Universidad Nacional, Costa Rica, 2020.
- [13] L. Villalobos-Chacón, A. Herrera-Ulloa, H. Vega-Bolaños and T. Bermúdez-Rojas, *Evaluación y seguimiento de manglares en el Litoral Pacífico de Costa Rica*. Heredia, Costa Rica: Sin editorial. 2017
- [14] R. Soto and J. Jiménez, "Análisis fisonómico estructural del manglar de Puerto Soley, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica," *Revista Biología Tropical*, vol 30, no. 2, pp. 161-168, 1982.
- [15] J. A. Jiménez, *Los Manglares del Pacífico Centroamericano*. Heredia, Costa Rica: Ed. Fundación UNA. 1994
- [16] M. Loría-Narango, J. Samper-Villarreal and J. Cortés, "Structural complexity and species composition of Potrero Grande and Santa Elena mangrove forests in Santa Rosa National Park, North Pacific of Costa Rica," *Revista Biología Tropical*, vol 62, Supl. 4. pp. 33-41, 2014.
- [17] J. Samper-Villareal and M. Silva-Benavides, "Complejidad estructural de los manglares de Playa Blanca, Escondido y Rincón de Osa, Golfo Dulce, Costa Rica," *Revista Biología Tropical*, vol 63, Suppl. 1, Dic., pp. 199-208, 2014.
- [18] L. Alfaro-Sibaja, D. Barquero-Salgado, A. Fonseca, R. A. Montoya-Solano, V. Morales-Cerdas and Ramírez-Arce, D. "Vegetation structure and composition of mangrove Palo Seco Quepos, Costa Rica," *UNED Research Journal*, vol 7, no. 2, Sept., pp. 325-332, 2015. <https://doi.org/10.22458/urj.v7i2.1161>
- [19] M. Coll, A. C. Fonseca and J. Cortés, "El manglar y otras asociaciones vegetales de la laguna de Gandoca, Limón, Costa Rica," *Revista Biología Tropical*, vol. 49, no. 2, pp. 321-329, 2001.
- [20] A. Fonseca, J. Cortés, and P. Zamora, "Monitoreo del manglar de Gandoca, Costa Rica (sitio CARICOMP)," *Revista Biología Tropical*, vol. 55, no. 1, Mar., pp. 23-31, 2007.
- [21] M. Manrow-Villalobos and B. Vilchez-Alvarado, "Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del suelo en los manglares Laguna de Gandoca y Estero Moín, Limón, Costa Rica," *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. vol. 9, no. 23, Jul., pp. 1-18, 2012.
- [22] V. Mainardi, *El Manglar de Térraba-Sierpe en Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 1996.
- [23] P. Zamora-Trejos, "Ambientes Marino-Costeros de Costa Rica", en *Manglares*, Eds. San José, Costa Rica: Conservación Internacional. 2006, pp. 23-39.
- [24] J. A. Acuña, V. García, and J. Mondragón, "Comparación de algunos aspectos fisico-químicos y calidad sanitaria del estero de Puntarenas, Costa Rica," *Revista Biología Tropical*, vol. 46, Supl. 66, pp.1-10, 1998.
- [25] B. Marín-Alpizar, "Informe actualizado al año 2006 del proceso de recuperación del Estero de Puntarenas y su zona de influencia". Puntarenas, Costa Rica: INCOPECA. 2006.
- [26] CGR, *Auditoría operativa acerca del cumplimiento por parte del Estado de las medidas de protección y conservación del humedal Estero de Puntarenas*. San José, Costa Rica, Contraloría General de la República, División de Fiscalización Operativa y Evaluativa: Área de Servicios Ambientales y de Energía. 2011.
- [27] SINAC, *Plan General de Manejo del humedal estero Puntarenas y manglares asociados, Sistema Nacional de Áreas de Conservación*, pp. 125, 2018.
- [28] M. Argüello, L. Muñoz and W. Sibaja, *Litorales del Golfo de Nicoya*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica, 1988.
- [29] Orozco, E. "Zonificación climática de Costa Rica para gestión de infraestructura vial", *Trabajo de graduación de licenciatura*, Universidad de Costa Rica, Costa Rica 2007.
- [30] SINAC, *Plan de Manejo Refugio Nacional de Vida Silvestre Cipancí 2013-2023*. Volumen I: Diagnóstico. Área de Conservación Arenal Tempisque (ACAT) y Área de Conservación Tempisque (ACT), Sistema Nacional de Áreas de Conservación, pp. 227, 2013.
- [31] L. M. Mejía Quiñones, M. P. Molina Jiménez, A. Sanjuan Muñoz, M. Grijalba Bendeck and L. M. Niño Martínez, *Bosque de manglar, un ecosistema que debemos cuidar*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. Cartagena D. T., 2014.
- [32] L. Villalobos-Chacón *comunicación privada* (noviembre, 08, 2018).
- [33] Y. Schaeffer-Novelli and G. Cintrón, Eds., *Guía para estudio de áreas de manguezal: estructura, função e flora*. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1986.
- [34] R. Hoyos, L. Urrego and Á. Lema. "Respuesta de la regeneración natural en manglares del Golfo de Urabá (Colombia) a la variabilidad ambiental y climática intra-anual," *Revista Biología Tropical*, Vol. 61, no. 3, Sept., pp. 1445-1461, 2013.
- [35] L. Villavicencio-Enríquez and J. I. Valdez-Hernández. "Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México," *Agrociencia*, vol. 37, no. 4, Jul., pp. 413-423, 2003.
- [36] C. A. M. M. Cordeiro and T. M. Costa. "Evaluation of solid residues removed from a mangrove swamp in the Sao

- Vicente Estuary, SP, Brazil," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 60, no. 10, Oct., pp. 1762-1767, 2010.
- [37] M. Cifuentes-Jara, C. Brenes, M. Manrow and D. Torres, "Dinámica de uso de la tierra y potencial de mitigación de los manglares del Golfo de Nicoya", en Informe final del proyecto: Valoración de los servicios ecosistémicos y el potencial de mitigación al cambio climático que proveen los manglares del Golfo de Nicoya, Costa Rica., CATIE y Cooperación Internacional, 2014.
- [38] R Core Team, *R: A language and environment for statistical computing*. Viena, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2012
- [39] D. Bocard, G. François and P. Legendre. *Numerical Ecology with R*. New York. Springer, 2011.
- [40] R. Folk, "The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature." *Journal of Geology*, vol. 62, no. 4, pp. 344-359, 1954.
- [41] L. R. M. Barrantes and A. Cerdas Salas, "Distribución espacial de las especies de mangle y su asociación con los tipos de sedimentos del sustrato, en el sector estuarino del Humedal Nacional Térraba-Sierpe, Costa Rica," *Revista de Biología Tropical*, vol. 63(Suppl. 1), Apr., pp. 47-60, 2015.
- [42] J. F. Blanco, E. A. Estrada, L. F. Ortiz, and L. E. Urrego, "Ecosystem-wide impacts of deforestation in mangroves: the Urabá Gulf (Colombian Caribbean) case study," *International Scholarly Research Notices*, vol. 2012, May., pp. 1-14, 2012.
- [43] E. M. Dangremond, C. I. Feller, and W. P. Sousa, "Environmental tolerances of rare and common mangroves along light and salinity gradients," *Oecologia*, vol. 179, no. 4, Aug., pp. 1187-98, 2015.
- [44] L. Araújo, M. F. S. Silva, D. D. N. Gomes, M. B. Sousa, S. J. Mayo and I. M. de Andrade, "Structure of a disturbed mangrove in the Rio Parnaíba delta, Piauí, northeast Brazil," *Feddes Repertorium*, vol 129, no. 2, Jun., pp. 75-91, 2018.
- [45] J. A. Jiménez, "The structure and function of dry weather mangroves on the Pacific coast of Central America, with emphasis on *Avicennia bicolor* forests," *Estuaries*, vol. 13, no. 2, Jun., pp. 182-192, 1990.
- [46] J. A. Jiménez, "Ecosistemas de Manglar en América Tropical" en *El manejo de los manglares en el Pacífico de Centroamérica: Usos tradicionales y potenciales*, Eds., México, NOAA/NMFS Silver Spring MD EE. UU. 1999, pp. 275-290.
- [47] B. L. Branoff, "Quantifying the influence of urban land use on mangrove biology and ecology: A meta-analysis," *Global Ecology and Biogeography*, vol. 26, no. 11, Oct., pp. 1339-1356, 2017.
- [48] J. A. Jiménez, *Los Manglares del Pacífico Centroamericano*. Heredia, Costa Rica: Ed. Fundación UNA, 1984.
- [49] P. Costa, A. Dórea, E. Mariano-Neto and F. Barros, "Are there general spatial patterns of mangrove structure and composition along estuarine salinity gradients in Todos os Santos Bay?," *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol 166, Dec., pp. 83-91, 2015
- [50] A. G. Vovides, J. Vogt, A. Kollert, U. Berger, U. Grueters, R. Peters, A. L. Lara-Domínguez and López-Portillo, J. "Morphological plasticity in mangrove trees: salinity-related changes in the allometry of *Avicennia germinans*," *Trees*, vol. 28, no. 5, Jul., pp. 1413-1425, 2014.
- [51] J. Barik, A. Mukhopadhyay, T. Ghosh, S. K. Mukhopadhyay, S. M. "Chowdhury and s. Hazra, S. Mangrove species distribution and water salinity: an indicator species approach to Sundarban," *Journal of Coastal Conservation*, vol. 22, no. 2, pp. 361-368, Nov., pp. 2018.
- [52] S. L. Moore, D. Gregorio, M. Carreon, S. B. Weisberg and M. K. Leecaster, "Composition and Distribution of beach Debris in Orange County, California," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 42, no. 3, Mar., pp. 241-245, 2001.
- [53] M. R. Claereboudt, "Shore litter along sandy beaches of the Gulf of Oman," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 49, no. 9-10, Nov., pp. 770-777, 2004.
- [54] J. G. B. Derraik, "The pollution of the marine environment by plastic debris: a review," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 44, no. 9, Sept., pp. 842-852, 2002.
- [55] B. P. Vieira, D. Dias, E. M. Nakamura, T. I. Arai and N. Hanazaki, "Is there temporal variation on solid waste stranding in mangroves? A case study in Ratones mangrove, Florianopolis, Brazil," *Biotemas*, vol. 26, no. 1, Nov., pp. 79-86, 2013.
- [56] L. B. Morán, "Impacto de la presencia de desechos sólidos en las zonas de manglar," *Revista Vinculando*, Jul., pp. 1-8, 2012.
- [57] E. Bulow and T. Ferdinand, *El efecto de la basura en la dinámica de los ecosistemas de manglar: Un análisis comparativo*. Panamá: Smithsonian Institute y McGill University, 2013.
- [58] O. Garcés-Ordóñez and M. Bayona-Arenas, "Impacts of marine debris contamination in the mangrove ecosystem of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean," *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, vol. 11, no. 2, Jul., pp. 145-165, 2019.
- [59] O. Garcés-Ordóñez, V. A. Castillo-Olaya, A. F. Granados-Briceño, L. M. B. García, and L. F. E. Díaz, "Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 145, Aug., pp. 455-462, 2019.
- [60] C. Martin, H. Almahasheer and C. Duarte, "Mangroves forests as traps for marine litter," *Environmental Pollution*, vol. 247, Apr., pp. 499-508, 2019.
- [61] G. Carvalho, M. M. Pereira, V. da Silva, M. Barcellos, S. Soares and G. Facco, "The structural heterogeneity of an urbanised mangrove forest area in southeastern Brazil: Influence of environmental factors and anthropogenic stressors," *Brazilian Journal Oceanography*, vol. 64, no. 2, Apr., pp. 157-172, 2016.