

Estructura vegetal y flora asociada del manglar de Mata de Limón, Puntarenas, Costa Rica

Structure and associated flora of the Mata de Limón mangrove forest Puntarenas, Costa Rica

Yixlen Guzmán-Sánchez^{1,2*}, Gustavo Rojas-Ortega¹, Esteban Esquivel-Martín¹, Ana Lucía Arrieta-Sancho¹, José Andrés Vargas-Solano¹ y Luis Villalobos-Chacón^{1,2}

RESUMEN

La estructura de los manglares se ve afectada negativamente por diferentes factores y sus variaciones llegan a causar estrés fisiológico. El objetivo de la investigación fue describir el estado de la estructura vegetal y la flora asociada al humedal de Mata de Limón. En el año 2014, se establecieron seis parcelas de monitoreo, en donde se determinó el número de árboles, la altura, el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la especie, para calcular el índice de complejidad y de valor de importancia. Se encontraron seis de las siete especies de flora nuclear identificadas en los manglares de Costa Rica. El índice de complejidad general fue de 4.97, *Avicennia germinans* tuvo el mayor valor de importancia, presente en cinco parcelas. Además, se reconocieron 26 organismos de vegetación asociada, distribuidos en 17 familias. La presencia de los diferentes mangles está determinada por la dinámica natural de diversos factores presentes en el ecosistema, sin embargo, debido al desarrollo de las actividades humanas su condición se puede ver alterada. Dadas las perturbaciones que ha enfrentado el humedal de Mata de Limón, como la construcción de la línea del tren, de la carretera y el puerto de Caldera; su conformación vegetal presenta una evidente heterogeneidad, de manera que las zonas más alejadas de la ocupación humana poseen mayor complejidad y presencia florística típica del ecosistema de manglar.

Palabras claves: *Avicennia germinans*, flora marginal, flora marginal facultativa, manglar periurbano, perturbación

- 1 Estación de Biología Marina Juan Bertoglia Richards, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Costa Rica.
yixlen.guzman.sanchez@una.ac.cr*, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8449-0697>;
tavorojasortega@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8313-798X>;
esteesqui100@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9360-9912>;
arrietasanchoanalucia@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2577-147X>;
joseandvarsol@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9788-1577>
- 2 Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Costa Rica. lvillalster@gmail.com,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0990-165x>

ABSTRACT

Mangrove forests can be negatively affected by different factors, and variations in these factors can cause physiological stress. The objective of this investigation was to describe the state of the vegetation structure and associated flora of the Mata de Limón mangrove forest. In the year 2014, six plots were established and measurements were carried out in each plot to determine the number of trees, heights, diameters at breast height and species of mangrove to calculate indicators of complexity and importance. Six of the seven nuclear species of Costa Rican mangrove forests were found. The general complexity index was 4.97, and *Avicennia germinans* had the highest importance value, being present in five of the six plots. In addition, 26 species of associated vegetation were identified, distributed in 17 families. Presence of mangrove forests is determined by the natural dynamics of diverse factors in an ecosystem, but human activities can alter its. The mangrove forest of Mata de Limón has been affected by factors such as the construction of train tracks, roads and the Caldera seaport; its vegetative composition is therefore heterogeneous, with the areas farthest from human interaction displaying greater complexity and a higher presence of floral species typically present in mangrove ecosystems.

Keywords: *Avicennia germinans*, marginal flora, facultative marginal flora, peri-urban mangrove forest, disturbance

INTRODUCCIÓN

Los manglares son ambientes localizados en la zona intermareal en donde presentan frecuentes inundaciones por las mareas y las altas variaciones en la salinidad (Alfaro-Sibaja *et al.* 2015; Quintero-Morales *et al.* 2021). Estos ecosistemas cumplen funciones de gran importancia como: ser área de crianza para varias especies marinas, filtración de sedimentos y nutrientes, proteger de la erosión y capturar gran cantidad de carbono (Samper-Villareal & Silva-Benavides, 2015; Passos *et al.* 2021); logrando almacenar de dos a cinco veces más que los bosques terrestres (Donato *et al.* 2011; Velázquez-Pérez *et al.* 2019; Vera-Ribera, 2020).

A pesar de esta relevancia, los manglares han enfrentado una serie de perturbaciones, tanto de origen natural como antrópico, que suelen ser más evidentes cuando existe una mayor urbanización a sus alrededores (Branoff, 2017). En el caso de la estructura, esta puede ser alterada por estrés fisiológico causado por cambios en distintos factores ambientales, como la textura del sedimento, el pH, la salinidad y la porción de materia orgánica presente en el sustrato (Velázquez-Pérez *et al.* 2019; Romero-Berney *et al.* 2019), aspectos que se modifican con la transformación del uso del suelo adyacente.

A su vez los cambios en estos factores pueden afectar la composición vegetal del ecosistema, favoreciendo la presencia de especies florísticas que

no son típicas de las áreas adyacentes a los manglares (vegetación marginal facultativa), y desplazando a la flora marginal que debido a sus adaptaciones como dispersión hidrocórica y lenticelas pueden crecer mezcladas con el mangle (vegetación nuclear) (Jiménez & Soto, 1985).

En el año 2020, para la medición de la integridad de estos humedales costeros en Costa Rica se oficializó el Protocolo para el Monitoreo Ecológico de Manglares (SINAC & UNA, 2020) que incorpora 21 indicadores para la evaluación de estos ecosistemas, algunos de los cuales determinan la estructura y la composición vegetal.

Debido a la falta de información científica publicada de línea base para manglares en Costa Rica, se consideró conveniente retomar las mediciones que realizamos en el año 2014, para generar el punto de referencia de algunos de los indicadores que componen el protocolo. Siendo el objetivo de esta investigación, describir el estado de la estructura vegetal e identificar la flora asociada del manglar de Mata de Limón con el propósito de establecer la línea base para futuras comparaciones en el tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: el manglar de Mata de Limón forma parte de la Zona Protectora Tivives (ZPT) localizada en

el Pacífico Central, Costa Rica; con una longitud aproximada de 1650 m en el área adyacente a playa Caldera, y se ubica hacia el noreste de la zona portuaria del mismo nombre (MINAE *et al.* 1999) (Fig. 1).

Esta zona presenta una estación seca que va de mediados de noviembre a abril, y otra lluviosa que ocurre durante los meses restantes; lo cual es una característica climática del régimen de precipitación en el Pacífico; además el suministro de agua dulce al estero de este manglar se da especialmente, por el riachuelo Cambalache y también, recibe pequeños aportes de quebradas intermitentes (SINAC, 2018).

Este humedal costero ha sufrido variaciones en el movimiento natural del sistema de corrientes, en la parte interna y externa; lo cual ha generado cambios en el modelo de distribución del sedimento y una disminución en la capacidad de acumular agua por el alto aporte de estas partículas. Dicha problemática se asocia a factores como la construcción del Complejo Portuario de Caldera, una menor entrada del agua por la construcción de un sector de la carretera costanera sur y el puente, y por la actividad humana desarrollada en las cuencas hidrográficas contiguas (Güell *et al.* 2000).

Caracterización de la estructura vegetal: entre los meses de marzo y mayo del año 2014, se establecieron cinco parcelas de muestreo de 10x25 m



Fig. 1. Ubicación de la zona de estudio y las parcelas de muestreo en el manglar de Mata de Limón, Puntarenas, Costa Rica

Fig. 1. Location of the study area and sampling plots in the Mata de Limón mangrove forest, Puntarenas, Costa Rica

y una de 10x10 m (# 6) (Fig. 1). En cada una de ellas se determinó el número de árboles de manglar vivos o muertos, se identificó la especie y se cuantificó la altura mediante una estimación visual aproximada de la parte más alta de la copa, debido a que la densidad del dosel impedía el uso del clinómetro. Además, el DAP se midió únicamente a los individuos que presentaron un

diámetro mayor a 2.5 cm a un nivel de 1.3 m desde el suelo; en el caso del género *Rhizophora* la medición se realizó sobre la raíz más alta.

A partir de los datos anteriores, se procedió a calcular los siguientes atributos estructurales según lo establecido por Cintrón-Morelo & Schaeffer-Novelli (1984):

$$\text{Área Basal (AB)} = 0.00007854 \times (\text{DAP})^2$$

$$\text{Densidad Relativa} = \frac{\# \text{ individuos por especie}}{\# \text{ total de individuos}} \times 100$$

$$\text{Dominancia Relativa} = \frac{\text{dominancia por especie (AB)}}{\text{dominancia total (AB total)}} \times 100$$

$$\text{Frecuencia Relativa} = \frac{\text{frecuencia por especie}}{\text{frecuencia total}} \times 100$$

$$\text{Índice de Complejidad} = \frac{\text{altura} \times \text{área basal} \times \text{cantidad de especies} \times \text{densidad (0.1 Ha)}}{1000}$$

Para la estimación del Índice de Complejidad General se promediaron los valores de altura, área basal y densidad, y se utilizó el mayor número de especies encontradas en toda la zona de estudio; también se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) de acuerdo con la fórmula establecida por Villavicencio-Enríquez & Valdez-Hernández (2003):

$$\text{IVI} = \text{densidad relativa} + \text{dominancia relativa} + \text{frecuencia relativa}$$

Determinación de la vegetación marginal y marginal facultativa: se realizaron recorridos por los alrededores de las parcelas establecidas en el manglar con el propósito de reconocer este tipo de vegetación, según la clasificación de Jiménez & Soto (1985); en el caso de las no categorizadas por estos autores, y que tienen una

amplia distribución en el país, fueron clasificadas como no típicas (NT). Para las que no fue posible identificar en el campo se tomaron muestras para su posterior identificación en la Estación de Biología Marina Juan Bertoglia Richards, de la Universidad Nacional, sin dejar muestras para el herbario.

RESULTADOS

Caracterización de la estructura vegetal: se identificaron seis de las siete especies de vegetación nuclear reportadas para los manglares de Costa Rica (Fig. 2). En total, se contabilizaron 282 individuos, de ellos 189 tuvieron un DAP > 2.5 cm y < 10 cm; y 93 mayor a 10 cm. Además, se encontraron tres árboles muertos de *Laguncularia racemosa* y cuatro de *Avicennia germinans*, todos con un diámetro entre 2.5 y 10 cm.

La mayor complejidad estructural la presentó la parcela cuatro (9.1), seguida por la cinco (7.4); en ambas hubo presencia de cinco de las seis especies identificadas; además, presentaron los valores de altura y área basal más altos encontrados en el manglar; en comparación, la seis presentó la menor complejidad (Cuadro 1).

En general, la especie con mayor índice de importancia fue *A. germinans*, presente en cinco de las seis parcelas establecidas en el manglar. Por su parte, *Rhizophora mangle* fue

la más importante para el sitio uno; *L. racemosa* tuvo una alta presencia en el cuatro y seis, y para el área cinco la más relevante fue *Rhizophora racemosa* (Fig. 2).

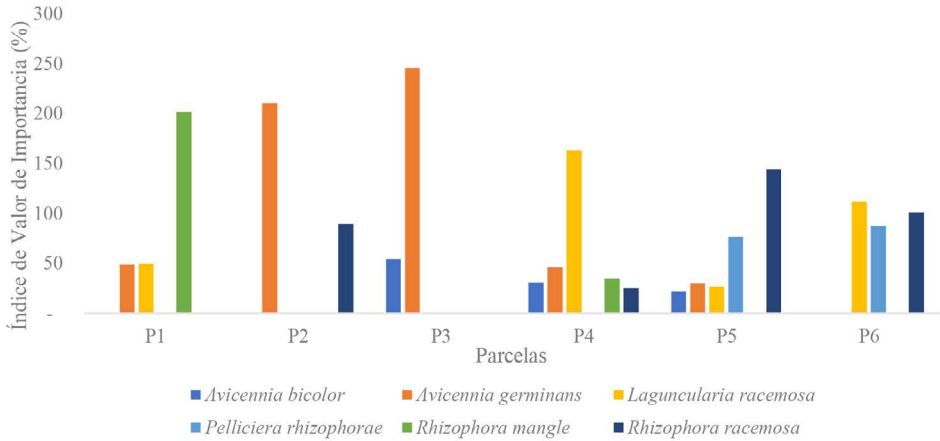


Fig. 2. Estimación del Índice de Valor de Importancia (IVI), para cada una de las parcelas establecidas en el manglar de Mata de Limón, Puntarenas, Costa Rica
Fig. 2. Estimation of the Importance Value Index (IVI) for each of the plots established in Mata de Limón mangrove forest, Puntarenas, Costa Rica

Cuadro 1. Cálculo del índice de complejidad para cada parcela y para todo el manglar de Mata de Limón, Puntarenas, Costa Rica (D. E.: desviación estándar)
Table 1. Calculation of the complexity index for each plot and for the entire Mata de Limón mangrove forest, Puntarenas, Costa Rica (S.D.: standard deviation)

Parcelas	Altura promedio (m) D.E ±	Área basal total	Número de especies	Densidad (0.1 Ha)	Índice de complejidad
Parcela 1	7.42 ± 6.47	0.53	3	148	1.75
Parcela 2	7.16 ± 3.02	0.54	2	268	2.09
Parcela 3	6.02 ± 2.47	0.41	2	184	0.90
Parcela 4	7.74 ± 4.66	0.84	5	280	9.10
Parcela 5	8.02 ± 3.84	1.07	5	180	7.75
Parcela 6	5.19 ± 1.71	0.30	3	108	0.50
I. C. General	6.92 ± 1.10	0.61	6	195	4.97

Presencia de flora marginal y marginal facultativa: se identificaron 26 organismos de vegetación, asociada, distribuidos en 17 familias; *Fabaceae* tuvo una mayor representación con seis especies, seguida de *Anacardiaceae*,

Bignoniaceae, *Cyperaceae* y *Malvaceae* con dos cada una. En cuanto al tipo de vegetación, la marginal estuvo conformada por seis especímenes, la marginal facultativa por siete, y la flora no típica por trece (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies de flora marginal y marginal facultativa identificadas en el manglar de Mata de Limón, Puntarenas, Costa Rica (M: marginal, MF: marginal facultativa, NT: no típica)

Table 2. Marginal and facultative marginal flora species identified in Mata de Limón mangrove forest, Puntarenas, Costa Rica (M: marginal, MF: marginal facultative, NT: not typical)

Familia	Nombre científico	Nombre común	Tipo
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	Verdolaga de playa	M
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mango	NT
	<i>Spondias purpurea</i>	Jocotillo de cerca	NT
Apocynaceae	<i>Rhabdadenia biflora</i>	Enredadera	M
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>	Palo de pipa	MF
Asparagaceae	<i>Sansevieria trifasciata</i>	Lengua de suegra	NT
Asteraceae	<i>Chromolaena odorata</i>	Albahaquilla (maleza)	NT
Bignoniaceae	<i>Bignonia phellosperma</i>	Enredadera	M
	<i>Tabebuia rosea</i>	Roble de sabana	NT
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Indio desnudo	NT
Capparaceae	<i>Cynophalla flexuosa</i>	Bejuco	MF
Cyperaceae	<i>Cyperus ligularis</i>	Navajala	MF
	<i>Fimbristylis spadicea</i>	Pelo de chino	M
	<i>Acacia collinsii</i>	Cornizuelo	MF
	<i>Dalbergia brownei</i>	Enredadera	M
Fabaceae	<i>Delonix regia</i>	Malinche	NT
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Árbol de Guanacaste	NT
	<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	NT
	<i>Pithecellobium unguis-cati</i>	Espino carbón	MF
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guásimo	MF
	<i>Hibiscus pernambucensis</i>	Majagua, amapola de playa	M
Marantaceae	<i>Ischnosiphon arouma</i>	Guarumo	NT
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro amargo	NT
Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i>	Uva de playa, papaturro	MF
Sapindaceae	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Mamón	NT
Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	NT

DISCUSIÓN

Caracterización de la estructura vegetal: la presencia de la flora del manglar de Mata de Limón está determinada por la disponibilidad de agua dulce, la protección directa del oleaje, la composición del suelo, la amplitud de penetración de las mareas y el acarreo de arena (Güell *et al.* 2000).

En este humedal costero hubo una mayor presencia de *A. germinans*, esta se ha descrito como dominante en la parte interna de los manglares ubicados en el Pacífico de América Central, donde hay carencia de drenaje y escorrentía (Jiménez, 1990), lo que coincide con nuestros hallazgos, ya que esta especie fue más abundante en las parcelas dos y tres que se encuentran en la parte interna del bosque.

Asimismo, Dangremond *et al.* (2015), al estudiar *A. germinans* en condiciones de laboratorio, determinaron que presenta un mejor desarrollo de biomasa y altura en ambientes con niveles altos de luz y salinidad en comparación con *R. mangle* y *Pelliciera rhizophorae*, siendo esta última la más sensible a tales factores, lo que a su vez podría explicar la mayor abundancia en las parcelas cinco y seis, que al tener más variedad de especies y cercanía al estero podrían estar favoreciendo su presencia.

Mientras que *A. germinans* es más recurrente en los sectores más

urbanizados, donde debido a la morfología del humedal podría darse menor inundación de la marea y una mayor concentración de sal en el suelo. Adicionalmente, se ha reportado que esta especie suele tener una mayor presencia en manglares perturbados (Blanco *et al.* 2012; Araújo *et al.* 2018).

Por otra parte, *L. racemosa* tuvo una alta presencia en las parcelas cuatro y seis, lo anterior podría deberse a que esta especie es muy resistente a cambios en el tiempo, ya que presenta un crecimiento rápido y se caracteriza por sus habilidades para repoblar (Monroy-Torres *et al.* 2014).

Además, los parches de *L. racemosa* se asocian a factores bióticos como la competencia interespecífica donde logra aprovechar las condiciones que son adversas para otras especies de mangle (Gómez, 2013); considerándose como oportunista al explotar las condiciones ambientales que favorecen su crecimiento (Molina, 2009); por lo que, suele colonizar las áreas donde se extrajo *R. mangle* (Blanco *et al.* 2012; Araújo *et al.* 2018).

Asimismo, se ha reportado que en manglares con altos disturbios antropogénicos favorecen la presencia de *L. racemosa*, y afectan negativamente, a *R. mangle* y *A. germinans* (Branoff & Martinuzzi, 2020). Además, esta especie tiene la facilidad de colonizar sitios cercanos a la ocupación urbana donde se dan descargas de aguas negras y

acumulación de basura (Carvalho *et al.* 2016); estos aspectos podrían estar favoreciendo su abundancia sobre todo en la parcela cuatro, ya que en los terrenos contiguos a esta área se desarrolla actividad ganadera e industrial (SINAC, 2018) (Fig. 1).

Los mayores valores del IC en los sitios cuatro y cinco, indican un desarrollo estructural superior, que se caracteriza por un elevado número de especies, área basal, densidad y altura de los árboles. Valores bajos de este índice encontrados en la parcela seis, se puede deber a una mayor presencia de individuos jóvenes; indicando que el manglar se encuentra en regeneración como producto de algún disturbio a pequeña escala (Sherman *et al.* 2000; Silva-Benavides, 2009; Corella-Justavino *et al.* 2012); comprobándose al encontrar los individuos de menor tamaño y área basal.

De igual forma la permanencia de la estructura del manglar está influenciada por indicadores como el área basal y la densidad (Cuadro 1); debido a que conforme el rodal envejece los árboles obtienen una mayor área basal y su densidad disminuye (Samper-Villarreal & Silva-Benavides, 2015), siendo estos indicadores relevantes de la estabilidad y desarrollo del manglar (Tellez-García & Valdez-Hernández, 2012).

La densidad total fue de 228 ind/0.1 Ha; similar a la reportada por

Velázquez-Pérez *et al.* (2019), en la Reserva La Encrucijada, Chiapas, México (201 ind/0.1 Ha) y por Arrieta-Sancho (2020), en el manglar de Jicaral, Costa Rica (265.25 ind/0.1 Ha). En el Pacífico central en el humedal de Palo Seco, Quepos; Alfaro-Sibaja *et al.* (2015) obtuvieron una cantidad menor (120 ind/0.1 Ha).

En la zona sur del país Samper-Villarreal y Silva-Benavides (2015), reportan para los humedales de Rincón de Osa y playa Blanca densidades totales menores (117 y 77.8 ind/0.1 Ha); sin embargo, la zona de Escondido tuvo valores mayores (400.4 ind/0.1 Ha). Estas diferencias entre manglares se pueden deber a variaciones en los gradientes de salinidad, pH, amplitud de la marea, textura y estabilidad del suelo, condiciones climáticas y aporte de nutrientes propios en cada bosque (Samper-Villarreal & Silva-Benavides, 2015; Arrieta-Sancho, 2020), así como a las alteraciones antropogénicas presentes en cada sitio.

Las densidades más bajas del sitio de estudio se podrían atribuir a la fase sucesional del bosque que al encontrarse en etapas intermedias de desarrollo está constituido principalmente, por árboles juveniles de distintos tamaños; además, el bajo desarrollo de los manglares, también, se puede asociar con variaciones microtopográficas que regulan la dinámica hidrológica y los patrones de inundación, que se ven

alteradas por las actividades antropogénicas que se desarrollan en la parte media y alta de la cuenca, tales como la deforestación y la agricultura (Velázquez-Pérez *et al.* 2019).

El humedal de Mata de Limón ha enfrentado una variedad de perturbaciones; con la construcción de la línea del tren a finales del siglo XIX, sus contornos fueron alterados, fragmentando la conectividad con el subsecuente bosque tropical seco. Por otra parte, la construcción de la carretera separó al manglar de la playa de Caldera y el desarrollo urbano y turístico ha ocasionado alteraciones en sus bordes (Granados- Zúñiga & Castaing-Riba, 1986; Güell *et al.* 2000); las cuales se han incrementado y se evidencian en el estado actual del humedal y el índice de complejidad que presenta este estudio.

En este sentido, se ha determinado que los manglares expuestos a estrés de origen humano como vertederos ilegales de basura, mayor concentración de arena, entre otros; presentan mayor heterogeneidad estructural, de forma que se pueden encontrar en un mismo sitio tanto bosques degradados, como de desarrollo intermedio o alto, estos últimos suelen hallarse en las zonas más alejadas de la ocupación urbana (Carvalho *et al.* 2016). Lo que se evidencia en este humedal, donde las parcelas más distantes de las áreas urbanizadas presentan un mayor índice de complejidad.

Asimismo, el aumento de la densidad urbana en las áreas contiguas al manglar es el predictor más fuerte en el cambio de su cobertura, que comúnmente se convierte en áreas de cultivos agrícolas; estas transformaciones en el uso del suelo generan a la vez disminución en la riqueza de especies de moluscos, crustáceos y principalmente, gusanos (Branoff, 2017).

Flora marginal y marginal facultativa: las especies marginales del manglar de Mata de Limón se encontraron mezcladas con la vegetación nuclear, este tipo de distribución se da cuando existe baja intensidad de inundación o la salinidad es menor que la del agua de mar, además algunos de estos organismos presentan adaptaciones que les facilitan sobrevivir en este ambiente (Jiménez & Soto, 1985).

En el caso de la vegetación marginal facultativa estas especies se encuentran mayormente, fuera del manglar, pero cuando existe alteración de las áreas núcleo o condiciones continuas de poca salinidad se pueden hallar asociadas al humedal (Jiménez & Soto, 1985), tal como *Cynophalla flexuosa*, *Cyperus ligularis* y *Pithecellobium unguis-cati* identificadas en este sitio.

Dentro de las herbáceas de flora marginal más comunes en el Pacífico del país están *Fimbristylis spadicea* que crece en los bordes internos de todos los manglares presentes en este sector y *Sesuvium portulacastrum* que se desarrolla en sustratos costeros

arenosos o en la parte alta de las playas (Jiménez & Soto, 1985), ambas fueron registradas en este manglar.

Además, se identificó *Dalbergia brownii* que suele ser más abundante en el Pacífico central y sur; y las enredaderas *Rhabdadenia biflora* y *Bignonia phellosperma*, esta última, puede crecer como arbusto en llanos fangosos, sin otro tipo de vegetación o como trepadora sobre los árboles de mangle (Jiménez & Soto, 1985), forma en la que fue observada en el área de estudio.

Por otra parte, también, se identificaron especies vegetales que no son típicas de manglares como *Mangifera indica*, *Spondias purpurea*, *Sansevieria trifasciata* y *Melicoccus bijugatus*, que son de consumo humano u ornamentales; dada la cercanía de las comunidades a este humedal se podría explicar su presencia.

Lo anterior, concuerda con lo reportado por Branoff & Martinuzzi (2020), quienes encontraron que la diversidad de árboles se correlaciona positivamente, con la cantidad de habitantes en los manglares urbanizados de Puerto Rico, donde hubo presencia de especies que no corresponden a mangle, e incluso no autóctonas halladas sólo en las zonas más pobladas.

Asimismo, Cano-Ortiz *et al.* (2018), determinaron que la mayor diversidad de flora asociada a los manglares de América Central no es un indicador de su buen estado de salud, más

bien podría ser un signo de las amenazas presentes en el sitio, tales como deforestación, disminución de la salinidad, sedimentación, entre otras; que favorecen la presencia de estas especies.

En consecuencia, un mejor estado de protección del manglar se evidencia cuando el bosque está compuesto por especies vegetales típicas (marginales y nucleares), aunque sean pocas; debido a que son las que tienen las adaptaciones necesarias para sobrevivir en ambientes salinos (Cano-Ortiz *et al.* 2018).

Por lo tanto, se puede concluir que las diversas perturbaciones en los alrededores del manglar han afectado su composición y estructura; siendo necesaria una mayor intervención y compromiso de parte de las entidades competentes para generar más conciencia y sensibilidad, tanto en los pobladores aledaños como en los comerciantes y los turistas, con el propósito de conservar y proteger este humedal costero.

AGRADECIMIENTOS

A la Estación de Biología Marina Juan Bertoglia Richards de la Universidad Nacional por las facilidades concedidas para realizar el trabajo de campo y la identificación de las muestras de flora, en especial a Marvin Ramírez. A Jesús Alfaro, Ariel Azofeifa, Mónica Espinoza y Laura Sotela por el apoyo brindado en la toma de datos y

análisis de las muestras. Un agradecimiento especial a Alexandre Tisseaux. A los tres revisores anónimos por sus aportes para la mejora de este trabajo.

REFERENCIAS

- Alfaro-Sibaja, L., Barquero-Salgado, D., Fonseca, A., Montoya-Solano, R. A., Morales-Cerdas, V. & Ramírez-Arce, D. (2015). Estructura y composición vegetal del manglar Palo Seco, Quepos, Costa Rica. *Cuad. Inv. UNED*, 7(2), 325-332.
- Araújo, L., Silva, M. F., do Nascimento, D., Batista, M., Mayo, S. J. & Moreira, I. (2018). Structure of a disturbed mangrove in the Rio Parnaíba delta, Piauí, northeast Brazil. *Feddes Repert.*, 129(2), 75-91. <https://doi.org/10.1002/fedr.201700017>
- Arrieta-Sancho, A. L. (2020). *Caracterización del manglar de Jicaral, Puntarenas, como insumo básico para la elaboración de un plan de recuperación del ecosistema*. (Tesis de licenciatura no publicada). Universidad Nacional, Costa Rica.
- Blanco, J. F., Estrada, E. A., Ortiz, L. F. & Urrego, L. E. (2012). Ecosystem-wide impacts of deforestation in mangroves: the Urabá Gulf (Colombian Caribbean) case study. *Int. Sch. Res. Notices*, 2012, 1-14. <https://doi.org/10.5402/2012/958709>
- Branoff, B. L. (2017). Quantifying the influence of urban land use on mangrove biology and ecology: A meta-analysis. *Glob. Ecol. Biogeogr.*, 26(11), 1339-1356. <https://doi.org/10.1111/geb.12638>
- Branoff, B. L. & Martinuzzi, S. (2020). The structure and composition of Puerto Rico's urban mangroves. *Forests*, 11(10), 1119. <https://doi.org/10.3390/f11101119>
- Cano-Ortiz, A., Musarella, C. M., Piñar, J. C., Pinto, C. J., Del Río, S., Quinto, R. & Cano, E. (2018). Analysis of the conservation of Central American mangroves using the phytosociological method. In S. Sharma (Ed.), *Mangrove ecosystem ecology and function* (pp. 189-206). United Kingdom. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70152>
- Carvalho, G., Pereira, M. M., da Silva, V., Barcellos, M., Soares, S. & Facco, G. (2016). The structural heterogeneity of an urbanised mangrove forest area in southeastern Brazil: Influence of environmental factors and anthropogenic stressors. *Braz. J. Oceanogr.*, 64(2), 157-172. <https://doi.org/10.1590/S1679-87592016111706402>
- Cintrón-Molero, G. & Schaeffer-Novelli, Y. (1984). Methods for studying mangrove structure. In S. C. Snedaker & J. G. Snedaker (Eds.), *The mangrove ecosystem: Research methods* (pp. 91-113). United Kingdom. UNESCO.
- Corella-Justavino, F., Valdez-Hernández, J. I., Cetina-Alcalá, V. M., González-Cossío, F. V., Trinidad-Santos, A. & Aguirre-Rivera, J. R. (2012). Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Rev. Mex. Cienc. Forestales*, 26(90), 73-102.
- Dangremond, E. M., Feller, I. C. & Sousa, W. P. (2015). Environmental tolerances of rare and common mangroves along light and salinity gradients. *Oecologia*, 179(4), 1187-1198. <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3408-1>

- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. & Kaninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4(5), 293-297. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>
- Gómez, L. R. (2013). *Características estructurales de los bosques de manglar del Noroeste de México*. (Tesis de maestría no publicada). Universidad Autónoma Mexicana. México.
- Granados-Zúñiga, J. A. & Castaing-Riba, A. (1986). La inminente destrucción del manglar de Mata de Limón, Costa Rica. *Biocenosis*, 2 (3-4), 51-52.
- Güell, D., Pineda, E. & Salas, D. M. (2000). *Procesos hidrogeomorfológicos de transporte y sedimentación en el sistema lagunar de Mata de Limón, Puntarenas, Costa Rica*. (Tesis de licenciatura no publicada). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Jiménez, J. A. (1990). The structure and function of dry weather mangroves on the Pacific Coast of Central America, with emphasis on *Avicennia bicolor* forests. *Estuaries*, 13, 182-192. <https://doi.org/10.2307/1351588>
- Jiménez, J. A. & Soto, R. (1985). Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la costa Pacífica de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 33(1), 25-37.
- MINAE, IMN, CZMC & CRRH. Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional, Coastal Zone Management Center & Comité Regional de Recursos Hidráulicos. (1999). *Estudios de cambio climático en Costa Rica. Componente recursos costeros. Evaluación de la vulnerabilidad de los recursos costeros al cambio climático*. Costa Rica. Sin editorial.
- Molina, E. (2009). *Dinámica de los manglares de Bahía Portete, Alta Guajira a escala de paisaje y su relación con variables climáticas asociadas al cambio climático global y regional*. (Tesis de maestría no publicada). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Monroy-Torres, M., Flores-Verdugo, F. & Flores-de-Santiago, F. (2014). Crecimiento de tres especies de mangle subtropical en respuesta a la variabilidad en el hidropereodo en un tanque experimental. *Ciencias Marinas*, 40(4), 263-275. <https://doi.org/10.7773/cm.v40i4.2455>
- Passos, T., Pennu, D., Sanders, C., De França, E., Oliveira, T., Santos, L. & Barcellos, R. (2021). Mangrove carbon and nutrient accumulation shifts driven by rapid development in a tropical estuarine system, northeast Brazil. *Mar. Poll. Bull.*, 166, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112219>
- Quintero-Morales, A., Plata-Rocha, W., Olmón-Andalon, V., Monjardín-Armenta, S. & Nemiga-Antonio, X. (2021). Dynamics of changes in land use and estimation of CO₂ in mangroves in the Marismas Nacionales area, Mexico. *Ciencias Marinas*, 47(2), 105-125. <https://doi.org/10.7773/cm.v47i2.3162>
- Romero-Berney, E. I., Tovilla-Hernández, C., Torrecano-Valle, N. & Schmoock, B. (2019). Heterogeneidad estructural del manglar como respuesta a factores ambientales y antrópicos en el Socususco, Chiapas, México. *Polibotánica*, (46), 39-58. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.4>
- Samper-Villarreal, J. & Silva-Benavides, A. M. (2015). Complejidad estructural de los manglares de Playa Blanca, Escondido y Rincón de Osa, Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 63(1), 199-208. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v63i1.23103>

- Sherman, R. E., Fahey, T. J. & Battles, J. J. (2000). Small-scale disturbance and regeneration dynamics in a neotropical mangrove forest. *J. Ecol.*, 88(1), 165-178. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2000.00439.x>
- Silva-Benavides A. M. (2009). Mangroves. In I. S. Wehrtmann & J. Cortés (Eds), *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central* (pp. 123-130). Germany. Springer, https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8278-8_7
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). (2018). *Plan general de manejo de la zona protectora Tivives 2018-2028*. Costa Rica. Sin editorial
- SINAC & UNA (Sistema Nacional de Áreas de Conservación y Universidad Nacional). (2020). *Protocolo PRONAMEC: Protocolo para el Monitoreo Ecológico de Manglares en Costa Rica*. Costa Rica. Sin editorial.
- Téllez-García, C. P. & Valdez-Hernández, J. I. (2012). Caracterización estructural del manglar en el estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima. *RCHSCFA*, 18(3), 295-408. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.05.034>
- Velázquez-Pérez, C., Tovilla-Hernández, C., Romero-Berny, E. I. & De Jesús-Navarrete, A. (2019). Estructura del manglar y su influencia en el almacén de carbono en la Reserva La Encrucijada, Chiapas, México. *Madera bosques*, 25(3), 1-14. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531885>
- Vera-Rivera, J. D. (2020). *Cuantificación del carbono almacenado en el manglar del acuerdo de uso sustentable y custodia en Puerto Libertad, provincia del Guayas, Ecuador*. (Tesis de ingeniería ambiental). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Villavicencio-Enríquez, L. & Valdez-Hernández, J. I. (2003). Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia*, 37(4), 413-423.