

<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v73i1.61023>

## **Análisis estructural y estado de salud de bosque de manglar en el sector costero Paraguay, Guantánamo, Cuba**

Orfelina Rodríguez-Leyva<sup>1</sup>;  <https://orcid.org/0000-0002-1575-1515>  
Romeo de Jesús Barrios-Calderón<sup>2\*</sup>;  <https://orcid.org/0000-0002-8025-6369>  
Emir Falcón Oconor<sup>1</sup>;  <https://orcid.org/0000-0001-8833-4942>  
Marisela Guadalupe Salgado-Mora<sup>2</sup>;  <https://orcid.org/0000-0002-4765-4015>  
Edgar Abel Sánchez-García<sup>3</sup>;  <https://orcid.org/0000-0003-4241-0342>

1. Facultad Agroforestal, Universidad de Guantánamo, Guantánamo, Cuba; orfelina@cug.co.cu, efalconoconor@gmail.com
2. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chiapas, Huehuetán, Chiapas, México; romeo.barrios@unach.mx (\*Correspondencia); marisela.salgado@unach.mx
3. Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México; edgarabel.sanchez@gmail.com

Recibido 11-XII-2024. Corregido 26-II-2025. Aceptado 22-VIII-2025.

### **ABSTRACT**

#### **Structural analysis and health status of the mangrove forest in the coastal sector Paraguay, Guantánamo, Cuba**

**Introduction:** Mangroves are ecosystems that provide numerous benefits and environmental services to society. However, its extension is being reduced due to various human activities, such as changes in soil use and coastal development, which is why studies are needed to determine the state of these ecosystems and thus propose actions for their rehabilitation.

**Objective:** To characterize the structure and health status of a mangrove forest in the coastal sector of Paraguay, Guantánamo, Cuba.

**Methods:** The investigation took place in a mangrove forest located in the coastal sector bordering Guantánamo Bay, in the Eastern region of Cuba. Three plots of 100 m<sup>2</sup> were aligned perpendicular to the coast in each of seven sampling sites, and the structure of the mangrove forest was determined by their height, diameter, basal area, volume, density, and mortality. The relationship between these variables and the composition of mangrove species was examined through a Canonical Discriminant Analysis. A state of health index was determined based on environmental tensors. The health status was classified as: very high (from 100 to 71), high (from 70 to 67), medium (from 66 to 62), low (from 61 to 42) and very low (41 or less).

**Results:** The average height of the mangrove forest was 6.50 m, with a predominance of *Avicennia germinans* and average regeneration. New environmental tensors were identified, with the majority having an anthropic character but with low intensity (88 % of anthropic origin and 12 % related to natural events).

**Conclusion:** The health of the studied ecosystem presents a variation ranging from very high to low and is characterized by small-sized trees.

**Key words:** basal area; coastal zone; environmental tensors; natural regeneration; forest structure.



## RESUMEN

**Introducción:** Los manglares son ecosistemas que brindan numerosos bienes y servicios ambientales a la sociedad. Sin embargo, estos han disminuido su extensión a causa de diversas actividades humanas como el cambio de uso del suelo y el desarrollo costero, es por esto por lo que se necesitan estudios para determinar el estado de estos ecosistemas y así proponer acciones para su rehabilitación.

**Objetivo:** Caracterizar la estructura y el estado de salud del bosque de manglar en el sector costero Paraguay, Guantánamo, Cuba.

**Métodos:** La investigación se desarrolló en un bosque de manglar del sector costero que bordea la bahía de Guantánamo, en la región oriental de Cuba. Se emplearon tres parcelas de 100 m<sup>2</sup> alineadas perpendicularmente a la costa en cada uno de los siete sitios de estudio; la estructura del bosque de manglar se determinó mediante la altura, diámetro, área basal, volumen, densidad y mortalidad. La relación de estas variables con la composición de las especies de mangle se realizó a través de un Análisis Discriminante Canónico. Se calculó un índice de estado de salud a partir de tensores ambientales. El estado de salud fue clasificado como: muy alta (de 100 a 71), alta (de 70 a 67), media (de 66 a 62), baja (de 61 a 42) y muy baja (41 o menos).

**Resultados:** La altura media del manglar fue de 6.50 m, con predominio de *Avicennia germinans* y una regeneración media. Se identificaron nueve tensores ambientales, la mayoría con un carácter antrópico, pero de baja intensidad (88 % son de origen antrópico y el 12 % está relacionado con eventos naturales).

**Conclusión:** La salud del ecosistema estudiado presentó una variación que va de muy alta a baja y se caracterizó por árboles de porte bajo.

**Palabras clave:** área basal; zona costera; tensores ambientales; regeneración natural; estructura forestal.

## INTRODUCCIÓN

La franja costera de las regiones tropicales está dominada frecuentemente por los bosques de manglar, uno de los ecosistemas biológicamente más importantes por su alta productividad primaria y secundaria (Barbier, 2016; Echeverría et al., 2019). La estructura forestal de los manglares brinda bienes y servicios ecosistémicos como la captura de carbono, estabilización de la línea de costa y protección de las comunidades costeras contra la marea y oleaje fuerte generados durante las tormentas (Bégin et al., 2014; Gedan et al., 2011; Imbert, 2018; Mas-Castellanos et al., 2020); además, constituye un espacio de crianza para numerosas especies marinas (Giri et al., 2011; Rodríguez-Crespo et al., 2019) y forma parte del hábitat de aves que anidan, se alimentan y se resguardan en ellos (Buelow & Sheaves, 2015; Purwanto et al., 2021). El sistema de raíces de los manglares provisiona una excelente condición ambiental para facilitar la reproducción de organismos marinos como moluscos, camarones, peces y cangrejos (Matatula et al. 2019).

En el archipiélago cubano, los manglares representan el 5.1 % de la superficie total y

el 27 % de la cobertura forestal (Cruz-Portorreal & Pérez-Montero, 2017; Cruz-Portorreal et al., 2022), pero a pesar de la reconocida importancia del ecosistema de manglar, este ha presentado una disminución histórica muy significativa. Las principales causas de la pérdida son actividades humanas como la acuicultura, el desarrollo costero, la sobreexplotación de la madera y la contaminación (Kristian & Oktorie, 2018). Se estima que el 62 % de las pérdidas globales en ecosistemas de manglar en el periodo de 2000-2016 fueron originadas a través del cambio de uso de suelo producido principalmente por la agricultura y la acuicultura (Goldberg et al., 2020).

Ante este escenario global, Cuba no ha sido una excepción. Aproximadamente una tercera parte de la superficie de manglar en Cuba se ha afectado por alteraciones en los niveles de la salinidad y la disminución de nutrientes; algunas afectaciones están relacionadas con el represamiento de ríos y la mala gestión de los recursos hídricos (Rodríguez-Crespo et al., 2015), aunado a los cambios de los regímenes hidrológicos encauzados por la construcción de viales, canales y represas relacionadas con el turismo y desarrollo urbano

(Santana et al., 2022). Otras perturbaciones naturales que han perjudicado a los manglares cubanos están relacionadas con eventos naturales como los huracanes (Cissell & Steinberg, 2019; Mancina & Cruz, 2017). La contaminación, la tala ilícita, la disminución de las precipitaciones y la erosión de la costa ocasionada por la elevación del nivel del mar son eventos perturbadores que deterioran las zonas de manglar en Cuba (Du et al., 2015; Santana et al., 2022).

En el caso del sector costero Paraguay en la provincia de Guantánamo, el bosque de manglar no escapa a estas afectaciones teniendo dos orígenes fundamentales: i) las causadas por procesos y eventos naturales, y ii) las ocasionadas por la actividad humana, entre las que se encuentran: el vertimiento de residuales, la tala indiscriminada, la construcción de estanques para la producción de sal, la falta de circulación de agua y las inundaciones (Rodríguez-Leyva et al., 2018). Ante esto, en el año 2017 el gobierno cubano mediante el proyecto “Tarea Vida” priorizó la protección de suelos y la calidad del agua mediante estrategias de reforestación con la finalidad de restaurar las zonas de manglares con altos niveles de degradación (Pérez, 2017; Rodríguez-Leyva et al., 2020).

La vegetación en ecosistemas costeros como los manglares debe conservarse y gestionarse de manera sostenible para garantizar sus beneficios a largo plazo, que, en términos de conservación de la biodiversidad, resulta indispensable para el desarrollo de manejo (Nugroho et al., 2022). No obstante, los parámetros estructurales permiten comprender la biodiversidad, estabilidad ecológica, el desarrollo futuro de los rodales (Barrios-Calderón et al., 2022; López-Hernández et al., 2017) y la influencia sistémica del uso del suelo en los manglares (Friess et al., 2015), lo cual favorece al diagnóstico del estado de salud en un bosque de manglar. Por lo tanto, el estudio de la estructura y composición de los manglares facilita el desarrollo de estrategias de conservación y manejo para salvaguardar los servicios ecosistémicos proporcionados por los manglares (Mahoney

& Bishop, 2017) y determinar actividades de restauración idóneas (Balke, 2016) de acuerdo con el estado de salud del bosque de mangle.

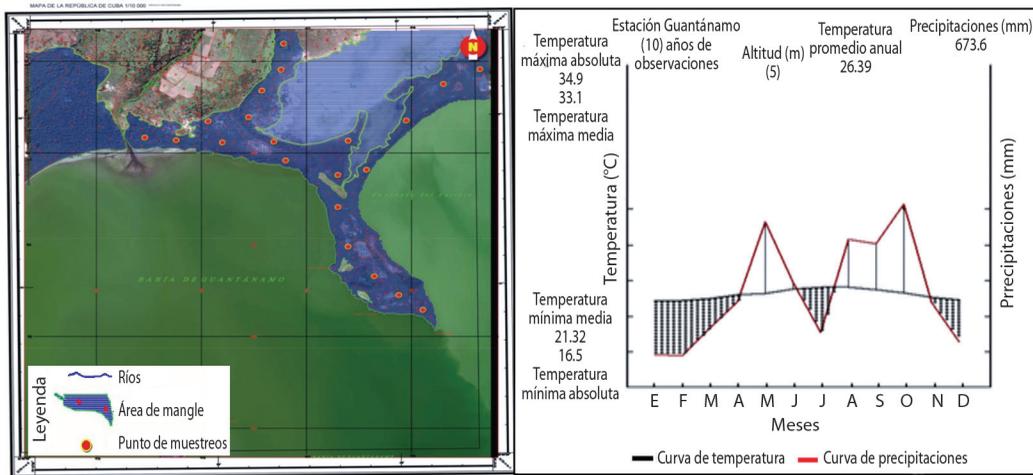
Teniendo como antecedentes lo antes planteado, el objetivo de este trabajo fue analizar la estructura y estado de salud del ecosistema de manglar en el sector costero Paraguay, Guantánamo, Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** La investigación se llevó a cabo en la zona costera de Paraguay, localizada al sur de Guantánamo. El bosque de manglar estudiado tiene una superficie de 624 ha y se ubica en los 20°3'27" N & 75°8'34" W (Fig. 1). El clima de la zona es semidesértico, con una precipitación pluvial de 400 a 800 mm anuales, temperatura media de 26 °C y humedad relativa de 60 % (Rodríguez-Leyva et al., 2020).

**Diagnóstico del bosque de manglar:** Para llevar a cabo el diagnóstico del bosque de manglar, se delimitaron  $n = 21$  parcelas (Fig. 1) de 10 x 10 m (100 m<sup>2</sup>), distribuidas equitativamente en siete parajes de acuerdo con la Unidad Empresarial de Base Silvícola de Guantánamo: 1.- El muelle, 2.- La Caldera, 3.- La Ostionera, 4.- El Copito, 5.- La Boca, 6.- El Bajo y 7.- Conrado. Se aplicó un muestreo sistemático, ubicando tres parcelas en cada paraje, dichas parcelas se alinearon de manera perpendicular a la costa, retomando los criterios de Rodríguez et al. (2014) y adaptados por Rodríguez-Leyva et al. (2020) para el área estudiada. En cada parcela de estudio se evaluaron variables dasométricas como la altura total (HT) en m, con el uso de un hipsómetro Vertex III y el diámetro normal (DN) en cm con una cinta diamétrica modelo 349-5-A. El área basal se calculó utilizando las fórmulas empleadas por Zarco-Espinosa et al. (2010):  $AB = \pi 4 (DN)^2$ , donde: AB = área basal,  $\pi = 3.1416$ , DN = Diámetro normal.

El Volumen en m<sup>3</sup> se calculó tomando en cuenta el diámetro normal, la altura total del árbol, y el factor de forma del árbol (C). Para



**Fig. 1.** Localización del área de estudio y condiciones climáticas. / **Fig. 1.** Location of the study area and climatic conditions.

esta última variable se utilizó la fórmula propuesta por Tlaxcala-Méndez et al. (2016):

$$Va = C * \frac{\pi}{40000} * DN^2 * HT$$

Donde:  $Va$  = volumen del árbol,  $C$  = Factor de forma 0.3024,  $DN$  = Diámetro Normal,  $HT$  = Altura Total.

El número de plántulas fue registrado en cuatro subunidades de 1 m<sup>2</sup> establecidas en los extremos de cada parcela de 100 m<sup>2</sup>. Se consideraron como plántulas aquellas con  $DAP < 2.5$  cm y menores a 1.3 m de altura, cuya densidad se consideró como un indicador de la regeneración potencial del manglar (Valle et al., 2011). La mortalidad se registró a través de la metodología propuesta por Guzmán y Menéndez (2013), la que cuantifica de forma visual todos los árboles muertos dentro de cada parcela de 100 m<sup>2</sup>. La evaluación tuvo en cuenta: árboles y ramas cortados. En función de obtener más información del área de estudio, se realizó un diagnóstico participativo empleando diversas herramientas como: cuestionarios, recorridos exploratorios y la observación directa del terreno (Geilfus, 2009). Los cuestionarios se realizaron a través de entrevistas con preguntas abiertas, aplicadas a 20 individuos que representan el universo de la población de la Unidad Empresarial de Base Silvícola, relacionados

directamente con la actividad forestal, estructurado por cuatro especialistas, cuatro técnicos y 12 obreros representado a través del diagrama de pareto apilado.

**Índice de salud del manglar:** Para determinar el índice de salud del manglar se siguieron los criterios de Menéndez y Guzmán (2006) y Cruz y Pérez (2017), tomando en consideración el cociente obtenido entre el número de tensores identificados en cada parche de manglar sobre el total de nueve tensores. Al resultado se le resta 1 y se multiplica por 100, de tal manera que el índice quede expresado en números enteros. Para definir los grados de salud del manglar, se retomó la misma escala utilizada por Rodríguez-Leyva et al. (2020): muy alta (de 100 a 71), alta (de 70 a 67), media (de 66 a 62), baja (de 61 a 42) y muy baja (41 o menos).

**Análisis de datos:** Los datos de estructura se analizaron a través de los estadígrafos de posición (media) y dispersión (desviación estándar, varianza y coeficiente de variación). El procesamiento de la información se realizó con el paquete estadístico *Statistical Package for Social Science* (SPSS) versión 25 (IBM Corporation, 2017). Para identificar la incidencia de

las variables estructurales sobre la composición de las especies de mangle se realizó un Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA), posterior a la verificación de los supuestos de normalidad multivariada (pruebas de Mar-dia). Finalmente, la exploración espacial de las relaciones lineales entre dichas variables y las especies se realizó con un Análisis Discriminante Canónico (CDA). La contribución de cada variable se determinó mediante coeficientes estándares jerarquizados. Estos análisis se desarrollaron utilizando el paquete Past ver.3.0 (Hammer et al., 2001).

## RESULTADOS

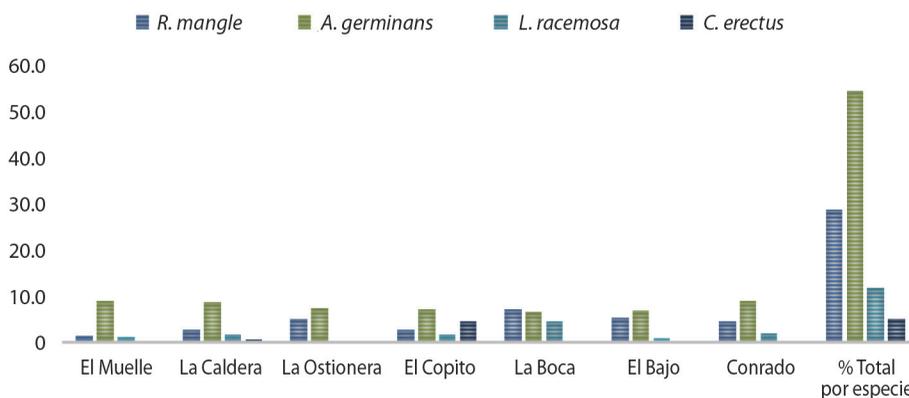
Los resultados muestran la presencia de las cuatro especies de manglar más comunes y de mayor distribución en Cuba: *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo), *Avicennia germinans* L. (mangle prieto), *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. (patabán) y *Conocarpus erectus* L. var.

*erectus* (yana), con predominio de la especie *A. germinans* (Fig. 2).

El bosque de manglar tiene una altura promedio de 6.50 m clasificada como bajo, por encontrarse en el rango entre 4 y 7 m de altura (Menéndez & Guzmán, 2006). El diámetro medio es de 0.267 m y el área basal de 0.131 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (Tabla 1).

De acuerdo con las observaciones realizadas, se encontraron árboles secos y suprimidos, con el fuste torcido y numerosas deformaciones (Fig. 3). También se pudo apreciar indicios de tala ilícita, parches sin vegetación y ciertos niveles de erosión, lo cual hace evidente que las tensiones acentuadas en el área de estudio denotan el deterioro del manglar.

**Relación entre composición de especies y variables estructurales:** El Análisis Multivariado permitió corroborar la separación espacial entre las especies del manglar (T de Pillai, F = 3.04, p < 0.0001), con lo que se justificó la



**Fig. 2.** Composición por especies de mangle en el sector costero Paraguay, Guantánamo, Cuba. / **Fig. 2.** Mangrove species composition in the coastal sector Paraguay, Guantánamo, Cuba.

**Tabla 1**

Variables dendrológicas de la estructura del manglar en el sector costero Paraguay, Guantánamo, Cuba. / **Table 1.** Dendrologic variables of the mangrove structure in the coastal sector Paraguay, Guantánamo, Cuba.

Variables	Media	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Altura (m)	6.50	0.204	0.464	10.94
Diámetro del tallo (m)	0.267	4.150	0.642	16.12
Área basal por hectárea (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	0.131	0.0018	0.051	31.39
Volumen por hectárea (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	0.197	0.0019	0.058	34.90



**Fig. 3.** Árboles muertos y de bajo porte debido a la tala ilícita en el sector costero Paraguay, Guantánamo, Cuba. **Fig. 3.** Dead and small-sized trees due to illegal logging in the coastal sector Paraguay, Guantánamo, Cuba.

exploración del patrón multivariado con el Análisis Discriminante Canónico (CDA). El CDA mostró que en dos funciones discriminantes se explica el 89 % de la varianza total. Los coeficientes estandarizados ( $> 0.5$ ) reflejaron una mayor importancia relativa de las variables la altura, densidad de plántulas y mortalidad para la primera función; mientras que

para la segunda función la variable de mayor contribución fue el diámetro (Tabla 2).

En el diagrama de la ordenación (Fig. 4) se observó que los centroides para las especies *R. mangle* y *A. germinans* se encontraron definidos por altura, densidad de plántulas y mortalidad, mientras que *L. racemosa* y *C. erectus* se presentaron con relación con el diámetro. La mayor

**Tabla 2**

Análisis Discriminante Canónico con la contribución de las variables estructurales a las funciones expresada en coeficientes estandarizados. / **Table 2.** Canonical Discriminant Analysis with the contribution of structural variables to functions expressed in standardized coefficients.

Función canónica	Valor característico	Proporción		Correlación canónica( $\lambda$ )	p
		Valor	Acumulada		
Función 1	2.204	54.54	54.54	0.089	<b>0.001</b>
Función 2	1.394	34.50	89.05	0.286	<b>0.001</b>
				Coeficientes estandarizados	
	Variables estructurales			Función1	Función2
	Mortalidad			0.878*	0.359
	Diámetro			0.209	0.925*
	Densidad de plántulas			0.902*	-0.209
	Altura			0.845*	0.369

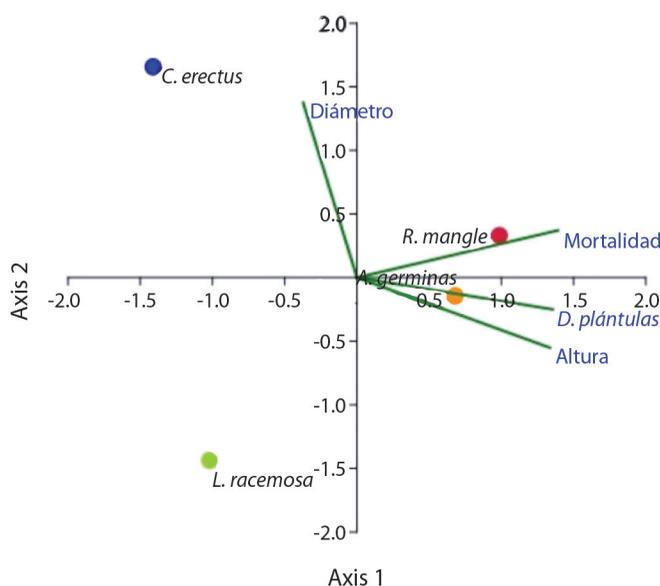
\*Variables que contribuyen más a la caracterización de las especies del manglar.

densidad de plántulas se encontró relacionada fundamentalmente con las especies *R. mangle* y *A. germinans* mientras que con respecto a la mortalidad, esta se encontró mayor asociada con *R. mangle* (Fig. 4).

Igualmente, los vertimientos de residuales afectan drásticamente la plataforma marina, sobre todo en los sitios más cercanos a la línea de costa, con un alto deterioro de la diversidad biológica debido a la turbidez de las aguas, focos contaminantes constituidos por los

asentamientos poblacionales y por las pequeñas industrias, como la industria pesquera existente en el sector costero Paraguay (Fig. 5).

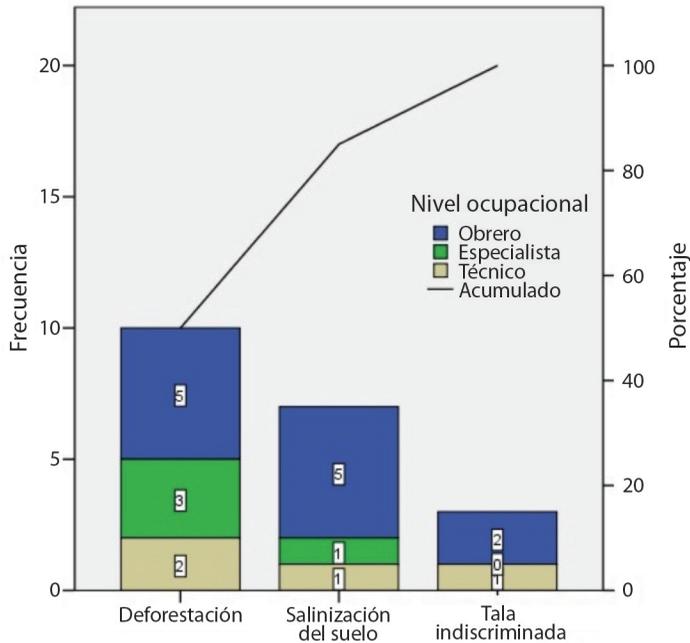
Los resultados del diagnóstico, relacionado con la variable percepción de los trabajadores en cuanto a causas principales que han incidido en la degradación del bosque de manglar, demostraron mediante el conteo de frecuencia de casos por la totalidad de criterios aportados por los técnicos y en su gran mayoría por los obreros y especialistas, representado a través



**Fig. 4.** Análisis de correspondencia de las especies del manglar con la densidad, altura, diámetro y mortalidad en el sector costero Paraguay, Guantánamo, Cuba. / **Fig. 4.** Correspondence analysis for mangrove species with density, height, diameter, and mortality in the coastal sector Paraguay, Guantánamo, Cuba.



**Fig. 5.** Focos contaminantes en el bosque de manglar del sector costero Paraguay. **A.** Desechos sólidos, **B.** Fogones rústicos y **C.** Turbidez del agua por derrame de diésel. / **Fig. 5.** Contaminant foci in the mangrove forest of the coastal sector of Paraguay. **A.** Solid figures, **B.** Rustic stoves and **C.** Water turbidity due to diesel spills.



**Fig. 6.** Diagrama de Pareto apilado que muestra las causas principales de la degradación del bosque de manglar en el sector costero Paraguay, Guantánamo, Cuba. / **Fig. 6.** Apilated Pareto diagram showing the main causes of degradation of the mangrove forest in the coastal sector Paraguay, Guantánamo, Cuba.

del diagrama de pareto apilado (Fig. 6), que la deforestación, la salinización del suelo y la tala indiscriminada resultaron ser las de mayor incidencia. La línea de suma acumulada o punto de inflexión se parte en más del 89 % de los casos, lo que corrobora lo descrito anteriormente.

**Análisis de los tensores ambientales:** El análisis de los tensores ambientales por parajes evaluados indica que el índice de salud del manglar en el sector costero Paraguay manifiesta una variación entre muy baja y alta (Tabla 3). El ecosistema de manglar se encuentra evaluado con el grado de salud “Alta” en tres de los siete parajes evaluados: El Copito, El Bajo y Conrado, que representan un 43 % del total. Esto afirma que las tensiones son muy bajas, siendo los eventos meteorológicos extremos, el tipo de tensión que más prevalece en estos tres parajes; por su parte, la tala y el vertimiento de residuales son las tensiones presentes en al menos dos de estos tres parajes. Los parajes donde la salud del ecosistema es “Muy baja”

fueron: El Muelle y La Ostionera, donde se aprecia que los servicios ecosistémicos comienzan a tener limitaciones y las tensiones encauzadas por la acción humana han comenzado a incidir sobre la salud del ecosistema. En cuanto a los parajes evaluados con salud “Baja y Muy Baja”, estos representan el 57 % de los mismos, limitando la calidad de servicios ecosistémicos por las tensiones y su incidencia negativa en la salud del manglar que se encuentra muy cerca al umbral de resiliencia del ecosistema.

## DISCUSIÓN

El predominio en el sector costero Paraguay de la especie *A. germinans* se debe a que esta puede soportar las mayores concentraciones de salinidad en su entorno (40-80 ‰). Posee dos adaptaciones que le permiten sobrevivir en estas condiciones extremas, la capacidad de sobrevivir en elevada salinidad y excretar la sal por las hojas, y estructuras especializadas en las raíces

**Tabla 3**

Tensores ambientales identificados en cada paraje estudiado en el sector costero Paraguay, Guantánamo, Cuba y la intensidad de afectación local. / **Table 3.** Environmental stressors identified in each area studied in the coastal sector Paraguay, Guantánamo, Cuba. and the intensity of local affectation.

Tensor ambiental	Paraje						
	El Muelle	La Caldera	La Ostionera	El Copito	La Boca	El Bajo	Conrado
Tala	x	x	x	x	x	x	0
Abrasión marina	x	x	x	0	0	0	0
Ganadería (pastoreo)	x	0	x	0	0	0	0
Extracción de madera y corteza	x	x	x	x	x	0	0
Avance de la frontera agrícola	x	x	x	0	0	0	x
Eventos hidrometeorológicos extremos	x	0	x	x	x	x	x
Canalización	0	0	0	x	x	0	0
Vertimientos de residuales	x	x	x	0	0	x	x
Sedimentación	0	0	x	0	0	0	0
Total = 9 tensores	7	5	8	3	4	3	3
Índice de salud	22	44	11	67	56	67	67
	Muy baja	Baja	Muy baja	Alta	Baja	Alta	Alta

x-indica la presencia del tensor, 0-indica la ausencia del tensor.

para el intercambio de gases conocidas como neumatóforos (Menéndez & Guzmán, 2006). Igualmente, se desarrolla en suelos pobres en nutrientes y en lugares con inundaciones periódicas, característico del área de estudio. Se observó, además, que la especie *R. mangle* se desarrolla favorablemente en la primera línea de costa, con valores de salinidad entre 30 y 40 ‰, en terrenos en su mayoría lodoso-fangoso con abundante materia orgánica compuesta por hojarasca y sobre suelos casi siempre húmedos e inundados (Lamas et al., 2020). Estos resultados coinciden con los citados por Menéndez y Guzmán (2006), quienes obtuvieron en el bosque de manglar de Majana, situada al suroeste de La Habana, Cuba, variaciones en la composición de especies en relación con la distancia de la línea de costa, con predominio de *R. mangle* y *A. germinans*. Por otra parte, Plasencia et al. (2011) en la comunidad costera de Playa Florida localizada en la costa sur de la provincia de Camagüey, observaron que la vegetación del área está dominada por manglares de *R. mangle* y *A. germinans*, los cuales alternan con zonas que ocupan el herbazal de ciénaga. La sabana constituye un ecosistema totalmente antrópico,

resultado del desbroce realizado a finales de la década de los sesenta.

En cuanto a la altura del manglar los valores obtenidos son similares a los obtenidos por Cruz y Pérez (2017), en los manglares del municipio Guamá, ubicado al suroeste de la provincia Santiago de Cuba, donde es evidente la afectación en la estructura del bosque, por escasa presencia de individuos de porte alto. Los valores tanto del diámetro como del área basal son inferiores a lo descrito por Rodríguez-Leyva (2016), en el bosque de manglar de la Reserva Ecológica Baitiquirí ubicada al sureste de la provincia Guantánamo que fueron de 0.542 m de diámetro y 0.297 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> de área basal. Otros autores como Menéndez y Guzmán (2006), describieron valores de áreas basales superiores a los encontrados aquí, en bosques de manglares de diversos sitios de Centroamérica, los cuales van desde 3.9 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> hasta 56.4 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>.

Los valores bajos de altura y diámetro, directamente proporcional con el área basal y volumen de madera, determinan la estructura del bosque de manglar en el área de estudio, caracterizado como de porte bajo, posiblemente



como consecuencia de largos períodos de inundación, alto grado de salinidad, pocas precipitaciones y baja disponibilidad de nutrientes, además de otras afectaciones ocasionadas directamente por la actividad humana como: tala ilícita (extracción de madera, leña, corteza y carbón), vertimiento de residuales, construcción de viales, entre otras (Cruz & Pérez, 2017). Resultados similares fueron publicados por González (2018) quien identificó diferentes afectaciones causadas por eventos naturales y la actividad humana en una franja del ecosistema de manglar en la zona sur del municipio San Cristóbal, provincia Artemisa, la cual se encuentra en un estado de deterioro.

La costa sur de Guantánamo, mayormente abrasiva, es poco favorable para el establecimiento de bosques de mangles, solamente en la desembocadura de algunos ríos se localizan parches de manglar con buen desarrollo. En la desembocadura del río Guaso se localiza una franja de bosque de mangle bajo, con dominancia de *R. mangle*, asociada con otros tipos de humedales, y en los bordes al norte y fondo de la Bahía también se encuentran franjas con bosques de mangle mayormente bajos con dominancia de *A. germinans* y mixtos.

La estructura actual del bosque se puede asociar con la acción antropogénica y al gradiente salino típico de estos ecosistemas, ambos contribuyen a modificar la distribución espacial del manglar como ya se discutió en otros estudios (Romero-Berny et al., 2019). Según criterios de Menéndez y Guzmán (2006), los bosques de mangles se desarrollan en sitios con una gran diversidad de condiciones ambientales, la estructura de estos bosques es también muy variable; para este autor, la altura de la vegetación y el área basal constituyen los principales parámetros para analizar los patrones estructurales del componente boscoso de los manglares.

La causa fundamental de las afectaciones observadas en el manglar es la acción antrópica con el fin de satisfacer necesidades humanas de leña para cocinar, factor que determina la fisiología de los rodales. Con respecto a lo anterior Rodríguez et al. (2021), observaron varios

problemas como la extracción ilegal de plantas y animales silvestres, así como el uso inadecuado de los recursos forestales y pesqueros que afectan al desarrollo de la especie *C. erectus*, que conforman el ecosistema de manglar en el sector costero Cacongo, provincia de Cabinda, Angola. Con estos resultados coinciden López y Rodríguez (2018) al dejar demostrar que el ecosistema manglar es uno de los más sujetos a deterioro, provocados por tensores de origen natural y antrópicas que afectan el ecosistema de manglar.

Es notable la relación entre las especies *R. mangle* y *A. germinans* probablemente como una adaptación intrínseca a condiciones ambientales específicas (López et al., 2011). Mientras *R. mangle* tolera mejor los suelos con mayor grado de anoxia, *A. germinans* prospera en depresiones propensas a la hipersalinidad (Arreola et al., 2004). En sitios con una alta dominancia de *R. mangle*, prevalecen condiciones de menor salinidad, lo que puede reflejar una mayor frecuencia de inundación y menor evaporación (Agudelo et al., 2015). Hacia el interior de la planicie costera, la variación microtopográfica, permite el desarrollo de *A. germinans* en cuencas de inundación somera, con una amplitud de marea reducida e incremento de salinidad por mayor tasa de evaporación. *L. racemosa* presentó una mayor plasticidad de desarrollo en rangos variantes de salinidad e inundación, y una mayor tendencia a formar rodales mixtos con bajo desarrollo estructural.

La mayor densidad de plántulas de *R. mangle* y *A. germinans* puede estar relacionado con el desarrollo de las especies próximo a la costa, favorecidas por la circulación de agua, como consecuencia de la elevada energía procedente del mar, por las olas y mareas a la que está sometida la vegetación. Además, la especie *R. mangle* posee viviparidad, o sea las semillas germinan en el árbol, por lo que se le consideran propágulos, características que permiten mayores posibilidades de éxito y sobrevivencia (Rodríguez-Crespo et al., 2015). Con respecto a la mortalidad observada de *R. mangle*, está en correspondencia con lo obtenido por Rodríguez-Leyva et al. (2014), quienes observaron

mayor porcentaje de mortalidad de *R. mangle* en el bosque de manglar del sector costero Caimanera en Guantánamo, debido a la explotación irracional a la que ha estado sometida la especie en el transcurso de los años, lo que trae consigo disminución de las poblaciones y la desaparición como barrera natural. Por otra parte, la antropización excesiva del ecosistema de manglar también es un factor que determina la fisionomía de los rodales; árboles con alturas y diámetros bajos son aprovechados para leña y fabricación de carbón, lo cual provoca que los posibles árboles semilleros, estén sometidos a un constante estrés y no alcancen parámetros necesarios para favorecer el desarrollo de rodales vigorosos (Vargas, 2015).

En general, se observó deterioro de la vegetación de manglar debido a las tensiones a que están sometido este ecosistema. La vegetación de la línea de costa fue afectada por la tala y la erosión, donde se observaron tramos costeros desprovistos de vegetación. Estos resultados son similares a los obtenidos por Rodríguez-Leyva et al. (2014) en el sector de Caimanera, quien además añade deterioro de los suelos, desertificación y contaminación del agua, influyendo al mismo tiempo en el deterioro del ecosistema marino, deterioro de las condiciones higiénicas sanitarias y tendencia al deterioro medioambiental, considerándose que son problemas de un alto nivel de causalidad y consecuencia. Los resultados mostraron un incremento en cuanto a los parajes evaluados con salud baja (71 %), lo que evidencia el avance del deterioro del ecosistema de manglar en la zona, ya que resultados obtenidos por Rodríguez-Leyva et al. (2020) en la misma área de estudio, reportaron 68 % de salud baja; por lo que se debe incrementar las acciones que permitan mitigar los efectos negativos y preparar el área para el comienzo de la recuperación. En el presente estudio, el 88 % de los nueve tensores ambientales identificados son de tipo antrópico, mientras que el 12 % restante se vincula con la presencia de fenómenos meteorológicos extremos, Esto es muy similar a lo reportado por Cruz y Pérez (2017) quienes identificaron 14 tensores ambientales en el ecosistema de manglar del municipio

Guamá, Santiago de Cuba; de ellos, 85 % son de origen antrópico y 15 % relacionado con eventos naturales.

Finalmente, los resultados obtenidos permiten concluir que la salud de los manglares evaluados en el sector costero Paraguay presentan una variación de alta a muy baja, manteniendo la calidad de servicios ecosistémicos en los parajes El Copito, El bajo y Conrado, mientras que en los parajes El Muelle y La Ostionera se recomiendan implementar estrategias de restauración para contrarrestar los tensores ambientales de origen antrópico y en consecuencia mejorar los servicios ecosistémicos.

**Declaración de ética:** Los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Empresa Agroforestal Guantánamo por permitir la toma de datos y los trabajos de campo en su patrimonio. Igualmente, agradecemos a Alexey Acebal-Roman por la elaboración cartográfica y a Porfirio Villamet-Pineda, por el cuidado y recolección de datos de los especímenes colectados. Este trabajo fue apoyado por la Facultad Agroforestal perteneciente a la Universidad de Guantánamo (UG) en Cuba, mediante el impulso y colaboración de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) y del Instituto de Ecología (INECOL), A.C., en México.

## REFERENCIAS

Agudelo, C. M., Bolívar, J., Polanía, J., Urrego, L. E., Yepes, A., & Sierra, A. (2015). Estructura y composición



- florística de los manglares de la bahía de Cispatá, Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 63(4), 1137–1147.
- Arreola, J. A., Flores, F., & Ortega, A. (2004). Structure and litterfall of an arid mangrove stand on the Gulf of California, Mexico. *Aquatic Botany*, 79(2), 137–143.
- Balke, T., & Fries, D. A. (2016). Geomorphic knowledge for mangrove restoration: A pan-tropical categorization. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(2), 231–239.
- Barbier, E. B. (2016). The protective service of mangrove ecosystems: A review of valuation methods. *Marine Pollution Bulletin*, 109(2), 676–681.
- Barrios-Calderón, R. J., Pérez-Pérez, J. E., Torres-Velázquez, J. R., & Aguirre-Cadena, J. F. (2022). Estructura y composición florística de un bosque de *Pinus-Quercus* en El Porvenir, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(73), 50–74.
- Bégin, C., Brooks, G., Rebekka, L., Dragicevic, S., Ramos, C. E., & Côte, I. (2014). Increase in sediment loads over coral reefs in Saint Lucia in relation to changes in land use in contributing watersheds. *Ocean and Coastal Management*, 95(2014), 35–45.
- Buelow, C., & Sheaves, M. (2015). A birds-eye view of biological connectivity in mangrove systems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 152(2015), 33–43.
- Cissell, J. R., & Steinberg, M. K. (2019). Mapping forty years of mangrove cover trends and their implications for flats fisheries in Ciénaga de Zapata, Cuba. *Environmental Biology of Fishes*, 102(2019), 417–427.
- Cruz, Y., & Pérez, O. (2017). Evaluación de impactos a la salud del manglar en el municipio Guamá, Santiago de Cuba, Cuba. *Revista Madera y Bosques*, 23(1), 23–37.
- Cruz-Portorreal, Y., & Pérez-Montero, O. (2017). Evaluación de impactos a la salud del manglar en el municipio Guamá, Santiago de Cuba, Cuba. *Revista Madera y Bosques*, 23(1), 23–37.
- Cruz-Portorreal, Y., Reyes-Domínguez, O. J., Milanes, C. B., Mestanza-Ramón, C., Cuker, B., & Pérez-Montero, O. (2022). Environmental policy and regulatory framework for managing mangroves as a carbon sink in Cuba. *Water*, 14(23), 3903.
- Du, J. G., Ye, G. Q., Zhou, Q. L., Chen, B., Hu, W. J., & Zheng, X. Q. (2015). Progress and prospects of coastal ecological connectivity studies. *Acta Ecologica Sinica*, 35(2015), 6923–6933.
- Echeverría, S., Pérez, R., Zaldívar, A., Canales, J., Brito, R., Merino, M., & Vovides, A. (2019). Regeneración natural de sitios de manglar degradado en respuesta a la restauración hidrológica. *Revista Madera y Bosques*, 25(1), e2511754.
- Friess, D. A., Richards, D. R., & Phang, V. X. H. (2015). Mangrove forests store high densities of carbon across the tropical urban landscape of Singapore. *Urban Ecosystems*, 19(2), 1–16.
- Gedan, K. B., Kirwan, M. L., Wolanski, E., Barbier, E. B., & Silliman, B. R. (2011). The present and future role of coastal wetland vegetation in protecting shorelines: Answering recent challenges to the paradigm. *Climatic Change*, 106(1), 7–29.
- Geilfus, F. (2009). *80 herramientas para el desarrollo participativo: Diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación* (8va ed.). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. El Salvador.
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, LL., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J., & Duke, N. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 154–159.
- Goldberg, L., Lagomasino, D., Thomas, N., & Fatoyinbo, T. (2020). Global declines in human-driven mangrove loss. *Global Change Biology*, 26(10), 5844–5855.
- González, F. (2018). Metodología para monitoreo de la recuperación del manglar en la desembocadura del río San Cristóbal. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(2), 240–256.
- Guzmán, J. M., & Menéndez, L. (2013). *Protocolo para el monitoreo del ecosistema de manglar* (1ra ed.). Centro Nacional de Áreas Protegidas. La Habana, Cuba.
- Hammer, O., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica*, 4(1), 9.
- IBM Corporation (2017). *IBM SPSS Statistics for Windows* [Software]. <https://www.ibm.com/es-es/products/spss-statistics>
- Imbert, D. (2018). Hurricane disturbance and forest dynamics in East Caribbean mangroves. *Ecosphere*, 9(7), e02231.
- Kristian, A., & Oktorie, O. (2018). Study of coastal mangrove conservation in the world. *Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education*, 2(1), 49–52.
- Lamas, J. A., Rodríguez, J. L., Rojas, D. C., Mederos, K. I., Govea, L. M., & Vergara, A. C. (2020). Estructura y dinámica de los manglares en la península

- de Guanahacabibes. Gestión para su conservación. *Revista ECOVIDA*, 10(2), 163–183.
- López, B., Barreto, M. B., & Conde, J. E. (2011). Caracterización de los manglares de zonas semiáridas en el noroccidente de Venezuela. *Interciencia*, 36(12), 888–893.
- López, J. L., & Rodríguez, G. (2018). Acciones encaminadas a reducir la vulnerabilidad de un sector de manglar al sur de la provincia de Artemisa, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(2), 162–171.
- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Monarrez-González, J. C., González-Tagle, M. A., & Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Revista Madera y Bosques*, 23(1), 39–51.
- Mahoney, P., & Bishop, M. (2017). Assessing risk of estuarine ecosystem collapse. *Ocean & Coastal Management*, 140, 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.02.021>
- Mancina, C. A., & Cruz, F. D. D. (2017). *Diversidad Biológica de Cuba. Métodos de Inventario, Monitoreo y Colecciones Biológicas*. Instituto de Ecología y Sistemática (IES), AMA.
- Mas-Castellanos, L., Reaño-Jiménez, C., Aguilera-Casabella, D., Lannacone, J., & Fimia-Duar, R. (2020). Efecto del huracán Irma en un manglar mixto de Cayo Santa María, Villa Clara, Cuba. *The Biologist (Lima)*, 18(1), 39–48.
- Matatula, J., Poedjirahajoe, E., & Pudyatmoko, S. (2019). Spatial distribution of salinity, mud thickness and slope along mangrove ecosystem of the coast of Kupang District, East Nusa Tenggara, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(6), 1624–1632.
- Menéndez, L., & Guzmán, J. M. (2006). *Ecosistema de manglar en el archipiélago cubano*. Editorial Academia, La Habana, Cuba.
- Nugroho, Y., Suyanto, Makinudin, D., Aditia, S., Yulimasita, D. D., Afandi, A. Y., Harahap, M. M., Matatula, J., & Wirabuana, P. Y. A. P. (2022). Vegetation diversity, structure and composition of three forest ecosystems in Angsana coastal area, South Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(2022), 2640–2647.
- Pérez, E. R. (2017). *Tarea Vida*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. La Habana, Cuba.
- Plasencia, J. M., Hernández, I., Francis, D., Acosta, Z., & Godínez, D. (2011). Plan de acción para la mitigación de los impactos ambientales en la comunidad costera Playa Florida, costa sur de Camagüey, Cuba. *Revista Electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*, 11(21), 1–7.
- Purwanto, R. H., Mulyana, B., Sari, P. I., Hidayatullah, M. F., Marpaung, A. A., Putra, I. S. R., & Putra, A. D. (2021). The environmental services of Pangarengan mangrove forest in Cirebon, Indonesia: conserving biodiversity and storing carbon. *Biodiversitas*, 22(12), 5609–5616.
- Rodríguez, G., Díaz, A., Samón, R., Domínguez, O., & Nguyen, T. (2014). Estrategia viable de restauración ecológica de manglares en áreas deterioradas del sector Cortés, Pinar del Río, Cuba. *Revista Avances*, 16(2), 98–106.
- Rodríguez, Y., Orta, S., González, M., Rodríguez, O., & Falcón, E. (2021). Estado actual de *Conocarpus erectus* L., en el sector costero Cacongo, provincia de Cabinda, Angola. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 9(1), 87–102.
- Rodríguez-Crespo, G., Días-Abilio do Espírito, A., Samón-Mesa, R., Domínguez-Junco, O., & Nguyen-Thi, T. (2015). Estrategia viable de restauración ecológica de manglares en áreas deterioradas del sector Cortés, Pinar del Río, Cuba. *Avances*, 17(1), 101–111.
- Rodríguez-Crespo, G., Socorro, M. A. A., Junco, O. D., Permuy, Y. R., & Troche, A. P. (2019). Servicios ecosistémicos en manglares: Potencialidad para seguridad alimentaria en comunidades costeras. Reverendo Cuba. *Ciencias*, 7(1), 56–71.
- Rodríguez-Leyva, O. (2016). Estado actual del bosque de manglar en el lote 2 de la Reserva Ecológica Baitiquirí, Guantánamo. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 4(2), 207–219.
- Rodríguez-Leyva, O., Falcón, E., Fernández, M., Rodríguez, E., & Romero, C. V. (2014). Estado actual del bosque de manglar en el sector costero Caimanera. *Revista Hombre, Ciencia y Tecnología*, 34(71), 15–25.
- Rodríguez-Leyva, O., Falcón-Oconor, E., Fernández, M., Rodríguez, E., Romero, C. V., & Rodríguez, G. C. (2018). Propuesta de acciones para recuperar el bosque de manglar en la bahía de Guantánamo, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(2), 224–239.
- Rodríguez-Leyva, O., Romero, C. V., & Rodríguez, E. (2020). Caracterización del manglar en el sector costero Paraguay, Guantánamo, Cuba. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 24, 39–46.
- Romero-Bermy, E. I., Tovilla-Hernández, C., Torrescano-Valle, N., & Schmook, B. (2019). Heterogeneidad estructural del manglar como respuesta a factores ambientales y antrópicos en el soconusco, Chiapas, México. *Polibotánica*, 47(2019), 39–58.



- Santana, J. E., González, L., & Santana, J. V. (2022). Pautas para un mejor manejo y conservación del ecosistema manglar en Cuba. *Universidad & Ciencia*, 11(1), 67–82.
- Tlaxcala-Méndez, R. M., Santos-Posadas, H. M., Hernández de la Rosa, P., & López-Ayala, J. L. (2016). Variación del factor de forma y el ahusamiento en procedencias de cedro rojo (*Cedrela odorata* L). *Agrociencia*, 50(1), 89–105.
- Valle, A., Osorno, A. M., & Gil, D. L. (2011). 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.
- Vargas, E. (2015). Capacidad de regeneración natural del bosque de manglar del Estero Tortuga, Osa, Puntarenas, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 209–218.
- Zarco-Espinosa, V. M., Valdez-Hernández, J. I., Ángeles-Pérez, G., & Castillo-Acosta, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 26(1), 1–17.