

**Dinámica de la cobertura de manglar al suroeste de Pinar del Río, Cuba***Dynamics of mangrove cover southwest of Pinar del Río, Cuba**Dinâmica da cobertura de manguezais a sudoeste de Pinar del Río, Cuba***Yandry Jesús Muñoz Labrador\***

\*Ingeniero Forestal, Jefe del Departamento Recursos Naturales, Ecosistemas Priorizados y Cambio Climático, Delegación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Pinar del Río, Cuba,  :[yandry.labrador@gmail.com](mailto:yandry.labrador@gmail.com);

 :<https://orcid.org/0000-0002-3336-3241>

**Illuminada de la Caridad Milián Cabrerías**

Doctora en Ciencias Geográficas, profesora Titular, Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca, Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias, Pinar del Río, Cuba,  :[iluminada@upr.edu.cu](mailto:iluminada@upr.edu.cu) ;  :<https://orcid.org/0000-0001-8665-2285>

**Greicy de la Caridad Rodríguez Crespo**

Doctora en Ciencias Forestales, profesora Titular, Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca, Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias, Pinar del Río, Cuba,

 :[greicy.crespo@upr.edu.cu](mailto:greicy.crespo@upr.edu.cu);  : <https://orcid.org/0000-0002-7917-0840>

**Gretel Geada López**

Doctora en Ciencias Forestales, profesora Titular, Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca, Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias, Pinar del Río, Cuba,

 : [gabriel@upr.edu.cu](mailto:gabriel@upr.edu.cu);  : <https://orcid.org/0000-0002-8421-0624>

**Para citar este artículo/To reference this article/Para citar este artigo**

Muñoz Labrador, Y. J., Milián Cabrerías, I. de la C., Rodríguez Crespo, G. de la C., & Geada López, G. (2024). Dinámica de la cobertura de manglar al suroeste de Pinar del Río, Cuba. *Avances*, 26(3), 315-333. <https://avances.pinar.cu/index.php/publicaciones/article/view/835/2142>

**Recibido:** 10 de noviembre de 2023

**Aceptado:** 6 de mayo de 2024

**RESUMEN**

Los manglares en Cuba se han degradado producto a la acción negativa del hombre y a los drásticos eventos hidrometeorológicos a que están expuestos. La investigación se desarrolló en el sector costero al suroeste de la provincia de Pinar del Río

entre la ensenada de La Coloma y la albufera de Cortés, con una extensión de 82 km. El objetivo fue evaluar la cobertura de manglar en diferentes períodos comprendidos entre 1957-2022 a partir de un estudio de dinámica espaciotemporal. Se emplearon

fotografías aéreas de los años 1957, 1971 y 1999 e imágenes de satélite Landsat 7 sensor ETM+ del año 2003 y Sentinel 2 A de 2022. Las técnicas empleadas fueron la georreferenciación, corrección atmosférica, combinaciones de bandas, NDVI, segmentación, fotointerpretación. Se calculó la estabilidad de localización y residencia, y la tasa de deforestación. Se determinó que la cobertura de manglar en esta zona mostró una tendencia al aumento de esta. La estabilidad de localización es de un 97.4 % indicando que el mismo se ha mantenido en el mismo sitio con una estabilidad de residencia del 13.2 % reportando un incremento medio anual de 0.12 % para todo el período.

**Palabras clave:** fotointerpretación; residencia; localización; espaciotemporal; fotografías aéreas.

#### **ABSTRACT**

The mangroves in Cuba have been degraded as a result of the negative action of man and the drastic hydrometeorological events to which they are exposed. The investigation was developed in the coastal sector to the southwest of the province of Pinar del Río between the La Coloma inlet and the Cortés lagoon, with an extension of 82 km. The objective was to evaluate mangrove cover in different periods between 1957-2022 based on a study of spatiotemporal dynamics. Aerial photographs from the years 1957, 1971 and 1999 and satellite images from Landsat 7 ETM+ sensor from 2003 and Sentinel 2 A from 2022. The techniques used were georeferencing, atmospheric correction, band combinations, NDVI, segmentation, photointerpretation. The stability of location and residence, and the deforestation rate, were calculated. It was determined that the mangrove coverage in this area showed a tendency to increase.

#### **INTRODUCCIÓN**

Los bosques de manglar son de gran importancia ecológica y económica por su papel en la reducción de la erosión

The location stability is 97.4 %, indicating that it has remained in the same place with a residence stability of 13.2 %, reporting an average annual increase of 0.12 % for the entire period.

**Keyword:** photointerpretation; home; location; temporal space; aerial photographs.

#### **RESUMO**

Os manguezais em Cuba têm sido degradados como resultado da ação negativa do homem e dos drásticos eventos hidrometeorológicos aos quais estão expostos. A pesquisa foi realizada no setor costeiro no sudoeste da província de Pinar del Río entre a enseada de La Coloma e a lagoa de Cortés, com uma extensão de 82 km. O objetivo foi avaliar a cobertura de manguezais em diferentes períodos entre 1957-2022 a partir de um estudo da dinâmica espaço-temporal. Foram utilizadas fotografias aéreas de 1957, 1971 e 1999 e imagens de satélite Landsat 7 ETM+ de 2003 e Sentinel 2 A de 2022. As técnicas utilizadas foram georreferenciamento, correção atmosférica, combinações de bandas, NDVI, segmentação e fotointerpretação. Foram calculadas a estabilidade de localização e residência e a taxa de desmatamento. Verificou-se que a cobertura de manguezais nesta área

apresentou tendência a aumentá-la. A estabilidade de localização é de 97,4 %, indicando que se manteve no mesmo local, com uma estabilidade de residência de 13,2 %, reportando um aumento médio anual de 0,12 % para todo o período.

**Palavra-chave:** fotointerpretação; lar; localização; espaço-temporal; fotografias aéreas.

costera, la protección contra tormentas, el control de la calidad del agua, y el flujo constante de grandes cantidades de

sedimentos ricos en nutrientes (Wang *et al.*, 2020).

En el mundo se estiman en 19,9 millones de hectáreas, de los cuales el mayor porcentaje se ubica en Asia (42 %) y de esta cifra entre el 18 a 23 % está localizado en el Archipiélago de Indonesia (Marlianingrum *et al.*, 2019; Sarker *et al.*, 2016) citados en Carvajal *et al.* (2019).

En Norteamérica y Centroamérica representa 22 402 km<sup>2</sup> (14.7 % del total global) y en Suramérica el 15.7 % del total global representan 23 882 km<sup>2</sup> (Spalding, 2010 citado en Cerón-Souza *et al.*, 2023).

En Cuba se estiman en 450 000 ha, o el 5 % de la superficie del país (Roman, 2018).

Las técnicas de sensores remotos se emplean regularmente en la actualidad para el estudio y monitoreo de manglares (Thomas *et al.*, 2018). Los métodos más generalizados para el estudio y monitoreo de los manglares cubanos se han enfocado más al empleo de datos de campo aunque se reconoce la meta del uso de las imágenes satelitales (Guzmán & Menéndez, 2013; Menéndez, Guzmán & Capote, 2002) citados en Denis *et al.* (2020).

El uso del índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI) uno de los más empleados en los estudios de mapeo de cobertura de manglar y su dinámica temporal (Denis *et al.*, 2020; Zhiminaicela *et al.*, 2020 y Thomas *et al.*, 2018).

El 45 % de la superficie de Cuba está enfocada en la producción agropecuaria y la forma geográfica de la isla hace que las descargas agrícolas fluyan rápidamente hacia los manglares costeros. También, el gran número de represas y embalses creadas para abastecer la agricultura y consumo humano han reducido marcadamente el flujo de agua dulce hacia las zonas costeras, con un efecto negativo en los manglares (Galford *et al.*, 2018).

A medida que la población sigue creciendo y las actividades comerciales y de desarrollo se intensifican, la gestión de la zona costera cada vez es de mayor importancia para generar y emplear la información, diseñar, monitorear y gestionar sitios de conservación o desarrollo (Adade *et al.*, 2021).

A lo anterior se añade el impacto de los huracanes que afectan la estructura y composición del bosque de manglar al arrancar y matar árboles, lo que resulta en la modificación, en el deterioro de la estructura y las funciones forestales (Muñoz *et al.*, 2023 y Herrera *et al.*, 2022).

En este estudio se han empleado métodos de detección de cambios con una serie histórica de fotografías aéreas que datan desde 1957 e imágenes satelitales de las plataformas Landsat 7 y Sentinel 2 A con el fin de identificar las tendencias de cambios experimentados por el ecosistema de manglar al sur de Pinar del Río, Cuba.

Por todo lo anterior, se determinó como objetivo: evaluar la dinámica de la cobertura del manglar en el sector

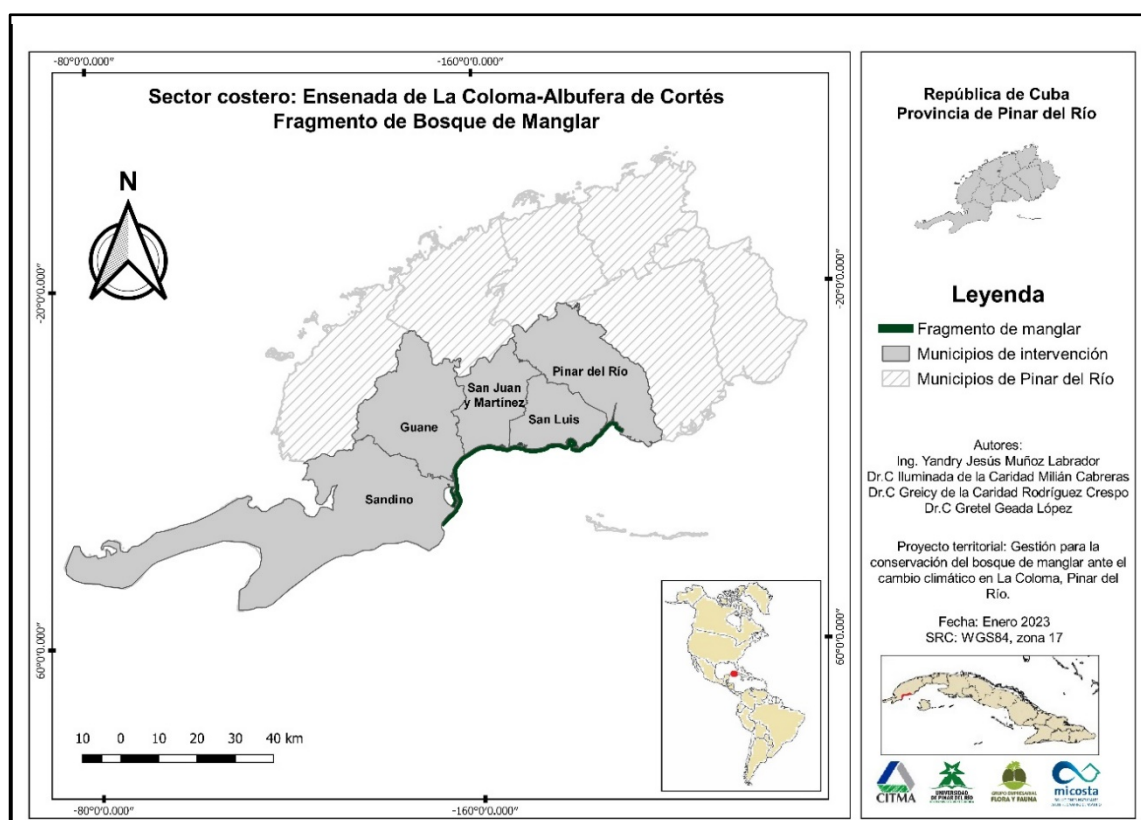
costero desde la ensenada de La Coloma hasta la albufera de Cortés al suroeste de Pinar del Río.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la porción suroeste de la provincia de Pinar del Río. Se extiende desde la ensenada de La Coloma con coordenadas  $X= 855990.742$  y  $Y=$

2460904.239 hasta la albufera de Cortés  $X= 810079.852$  y  $Y= 2434011.878$  con una extensión máxima de línea costera de 82 km (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa que muestra el sector costero objeto de estudio comprendido entre la Ensenada de La Coloma y la Albufera de Cortés.

### Vuelos generales:

- Norteamericano de abril y mayo de 1957 facilitadas por GEOCUBA, fotos: 5 557, 5 558, 5 528, 5 868, 5 945 y 5 962.

- Soviético del K-10 de 1971, fotos: LV- 16 (17, 41, 44, 45, 47); LV-67 (7, 43, 21, 71); LV 69 (0, 31, 13, 45), LV 85 (10, 12, 75, 76).

- Cubano de 1999, fotos: LV 18 (33), LV 19 (6, 8), LV 20 (42), LV 21 (3), LV 22 (35), LV 24 (2), LV 25 (3), LV 26.

(27), LV 27 (4), LV 28 (37, 39), LV 29 (17,18), LV 30 (2, 4), LV 31 (3, 5), LV 32 (37).

- En la siguiente tabla se muestra la serie de las imágenes satelitales empleadas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Imágenes satelitales empleadas.

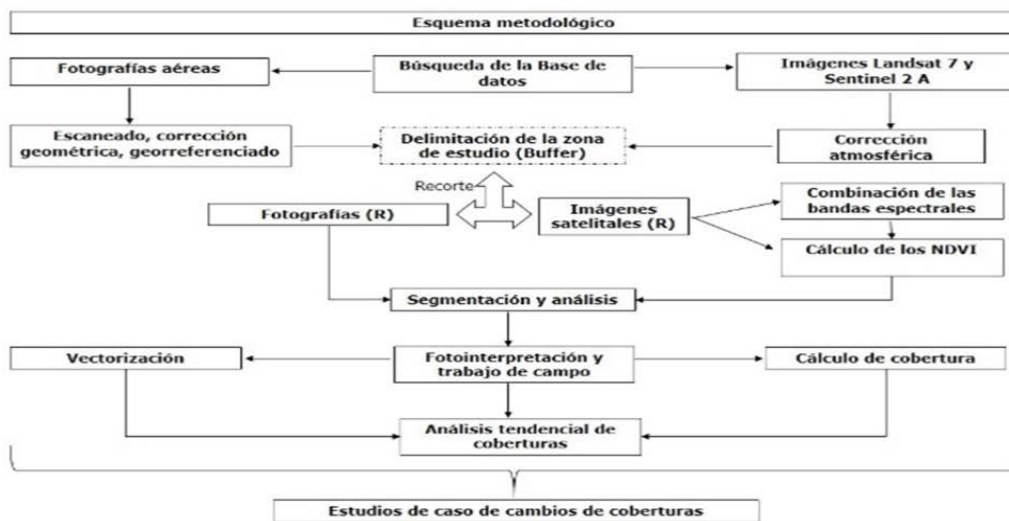
Año	Imagen	Serie
2003	Landsat 7 ETM+	LE07_L1TP_017045_20030110_20200916_02_T1[85.6027223 2187174,20.73286657194164,- 83.45543758137548,22.62029399053253]_metadata_B3-B2-B1-B4-B5-B7-B8 B6_VCID_2-B6_VCID_1
2022	Sentinel 2 A MSI	S2A_tile_20220612_16QHK_0_B01,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12.

Fuente: Elaboración propia.

**Descripción metodológica**

La secuencia de trabajo se dividió en cuatro etapas: I Obtención de los datos necesarios para poder llevar a cabo el trabajo, II delimitación de la zona de estudio y análisis y procesamiento de las fotografías aéreas e imágenes satelitales recortadas, III análisis sobre las

fotografías e imágenes procesadas en función de un estudio de tendencia de la cobertura y IV estudios de caso donde se evidencia notablemente los cambios de coberturas de bosque de manglar (Figura 2).



**Figura 2.** Esquema que muestra el procedimiento metodológico empleado para el desarrollo de la investigación.

Se estudiaron dos estudios de caso donde se puede observar de forma in situ el comportamiento de la cobertura vegetal

Para ello se realizaron mediciones precisas a partir del trazado de líneas,

el cálculo de áreas y los análisis correspondientes.

### **Procesamiento de fotografías e imágenes**

Las fotografías aéreas fueron escaneadas, alcanzando las dimensiones de 1698 x 2185 píxeles con una resolución 500 ppp y una profundidad de 8 bits (256 niveles de gris) creando archivos Tagged Image (TIF).

Éstas se introdujeron en el sistema de información geográfica Qgis V.3.2.3 donde se corrigieron geométricamente y georreferenciadas con las mismas coordenadas y resolución, según Merchán (2019) tomando entre 5-10 puntos de apoyo sobre el terreno para cada una. De esta forma se hace posible la sobreposición de las imágenes de modo que coincidan.

A las imágenes de satélites descartadas del sitio web de "EOS LandViewer" georreferenciadas se les realizó la corrección atmosférica (el que hace que las imágenes se vean borrosas) mediante "Semi-Automatic Classification plugin" por el método DOS1 (Nazco *et al.*, 2022).

Se procedió a delimitar la zona de estudio mediante un buffer, abarcando desde la ensenada de La Coloma hasta la albufera de Cortés, con un ancho de 3 km a partir de la línea de costa. Tanto las fotografías aéreas como las imágenes satelitales fueron recortadas usando como capa de corte el mismo.

Una vez recortadas las bandas de las imágenes ópticas se combinaron las mismas B3-B2-B1 (color natural) y B4-B3-B2 (falso color) para de Landsat 7 (Saldaña, 2019); bandas BO4-BO3-BO2 (color natural), según Nazco *et al.* (2022) y bandas B8A-BO4-BO3 (falso color) para Sentinel 2A; lo que permite una mejor fotointerpretación en los estudios por medio de la combinación de bandas (Camacho *et al.*, 2015).

Se calculó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI) reportado por Denis *et al.* (2020) y Zhiminaicela *et al.* (2020) mediante la fórmula:  $NDVI = (NIR-RED) / (NIR+RED)$  a partir de las imágenes ópticas, empleando las bandas B4 y B3 para Landsat 7 y las bandas B8A y BO4 para Sentinel 2 A.

$$NDVI = \frac{(B4-B3)}{(B4+B3)} \text{ para Landsat 7.} \quad [1]$$

$$NDVI = \frac{(B8A-B4)}{(B8A+B4)} \text{ para Sentinel 2 A.} \quad [2]$$

### **Segmentación y análisis**

Una vez que se conformaron los fotomosaicos por las fotografías de los vuelos aéreos y con los análisis derivados de las imágenes ópticas, se realizó el proceso de segmentación y análisis donde se extrajeron las áreas ocupadas por mangle.

Para generar las capas de cobertura de vegetación de manglar se procedió a la vectorización directa en la pantalla a partir de la fotointerpretación. Para ello se emplearon las características pictóricas de cualquier imagen como el tono, color, textura, tamaño, forma y los patrones de distribución espacial (Chuvienco, 1995).

La fotointerpretación a partir de las fotografías se contrastó con mapas topográficos a escala 1/25 000 para obtener una mayor precisión del trabajo realizado conjuntamente con la comprobación de campo de puntos en el terreno.

Se calcularon las áreas ocupadas por cada polígono vectorizado en cada uno de los periodos analizados. Estos parches fueron superpuestos unos con otros, de tal forma, que se pudiera determinar la dinámica (aumento o disminución) del área ocupada por manglar.

Se realizó un gráfico de tendencia de las hectáreas de manglar resultantes, lo que permitió poder caracterizar la dinámica espacial de la cobertura.

#### **Estabilidades de localización**

La estabilidad de localización mide la resistencia de una clase, es decir, su capacidad para mantenerse en un mismo sitio; toma valores dentro del intervalo de cero a 100, el límite superior denota que la cobertura total de la clase se mantuvo en el mismo sitio sin presentar pérdidas y el límite inferior implicaría un cambio total

en la distribución espacial de las clases (Ramsey III *et al.*, 2001) citados en Berlanga y Ruiz (2007).

A partir de esta estabilidad puede derivarse una medida de la proporción de pérdida de cobertura (100-Estabilidad de Localización) que sería cero si se presentara una pérdida total de la cobertura.

$$EL = 100 \left( \frac{CAB - PCAB}{CAB} \right) \quad [3]$$

Leyenda:

EL= Estabilidad de localización.

CAB= Cobertura del año base.

PCAB= Pérdida de cobertura en el año base.

CAB= Cobertura en el año base.

#### **Estabilidad de residencia**

La estabilidad de residencia es una medida de la razón del cambio neto de una clase, puede tomar valores negativos cuando la cobertura de la clase es menor en el año final que en el año base, toma valores positivos cuando la clase aumenta con respecto al año inicial y toma valores de cero cuando la clase no presenta cambio neto (Ramsey III *et al.*, 2001) citados en Berlanga y Ruiz (2007).

$$ER = 100 \left( \frac{CAB - CAF}{CAB} \right) \quad [4]$$

Leyenda:

ER= Estabilidad de residencia

CAB= Cobertura en el año base

CAF= Cobertura en el año final

CAB= Cobertura en el año base

**Tasa media de deforestación**

Para la clase manglar se estimó la tasa media de deforestación anual (n) (Palacio-Prieto *et al.*, 2004) citados en Valeria, 2022) como:

$$\partial n = 100 \left[ \left( \frac{CAF}{CAB} \right)^{\frac{1}{\text{Número de años}}} \right] - 1 \quad [5]$$

Leyenda:

$\partial n$ = Tasa Media de deforestación

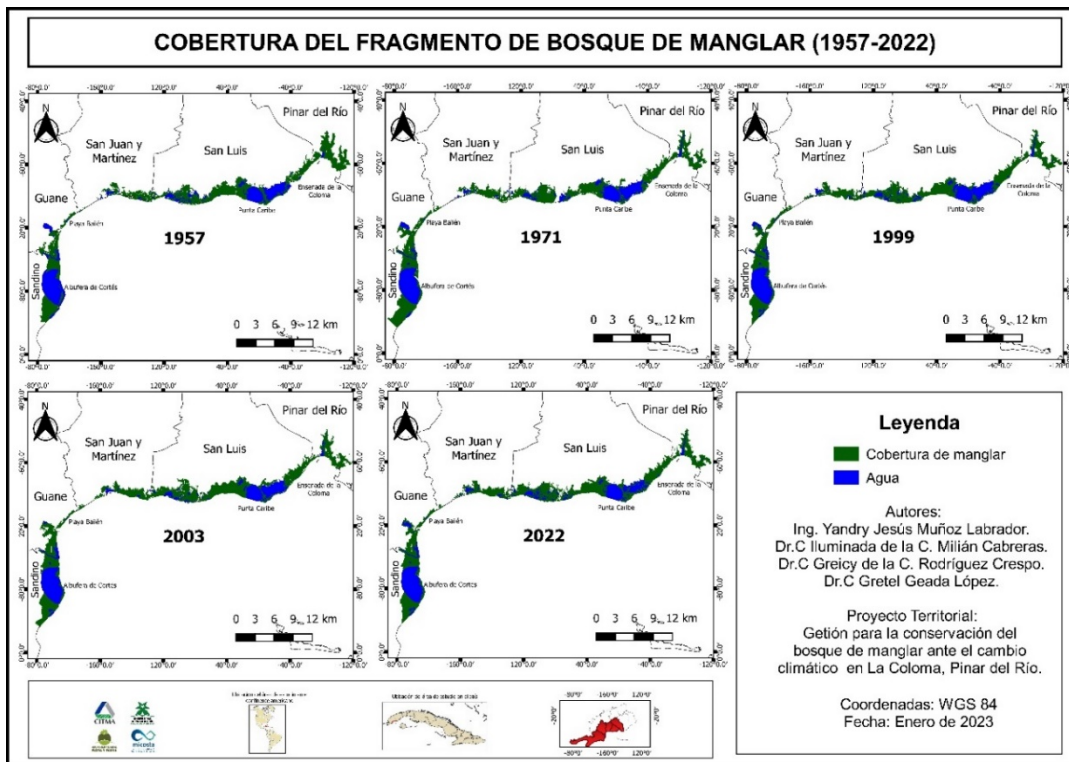
CAF= Cobertura en el año final

CAB= Cobertura en el año base

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La cobertura del fragmento de bosque de manglar en el sector costero comprendido desde la ensenada de La Coloma hasta la Albufera de Cortés una

vez vectorizado se ha ilustrado en cinco mapas temáticos correspondientes a los años 1957, 1971, 1999, 2003 y 2022 (Figura 4).



**Figura 4.** Mapas de cobertura del fragmento de bosque de manglar comprendido entre la Ensenada de La Coloma y la Albufera de Cortés en los años 1957, 1971, 1999, 2003, 2022.

El mangle se distribuye de forma continua, fragmentada en cordones estrechos donde en algunos puntos pueden llegar a alcanzar hasta 3 km de ancho paralelos a la línea de costa. El estudio de dinámica de la cobertura de

manglar en el período de 65 años evaluados demostró que en el año 1957 existió una cobertura de 6 434.00 ha muy inferior a la presente en la actualidad de 7 282.00 ha, lo que significa un aumento espacial del área ocupada en 848.00 ha

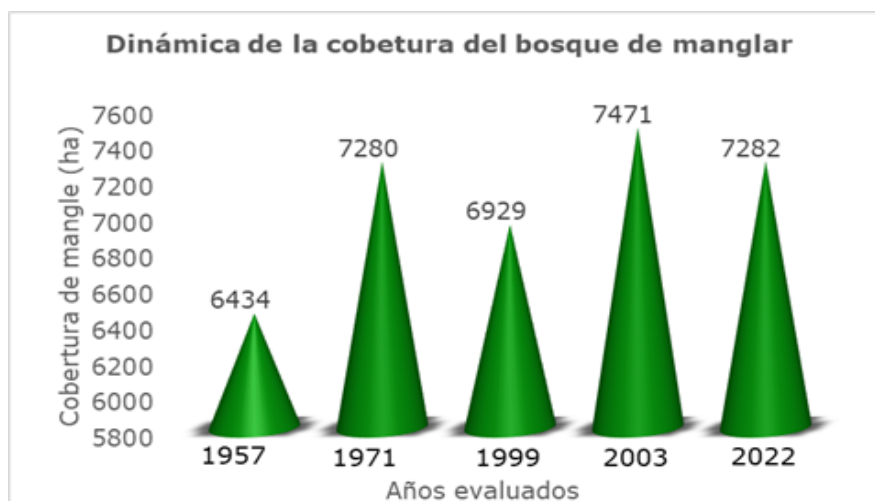


reportándose un incremento discreto en un 11.64 %.

Se han registrado incrementos en la cobertura de los bosques en valores de hasta un 43.90 % para la zona andina de la provincia de El Oro (ZAE0), perteneciente a la región sur del Ecuador a partir del estudio multitemporal de imágenes Sentinel-2 para el período 2017-2020 (Castro *et al.*, 2021). Cambios en la cobertura de dos manglares en Iguanita y Playa Panamá en Bahía Culebra, Pacífico Norte de Costa Rica (1945-2010) para un período de 65 años a partir de fotografías aéreas e imágenes

satelitales demostraron que la dinámica de la cobertura de manglar reportó un aumento de cobertura (Benavides *et al.*, 2016).

Los años que registraron menores coberturas de manglar fueron 1957 con 6 434.00 ha y 1999 con 6 929.00 ha. Se tiene la idea que esta disminución haya estado determinada en primera instancia debido a la poca atención que recibía este ecosistema por los gobiernos de la época y en un segundo lugar al comienzo del período especial en los 80 que propiciaron incrementos en la explotación carbonera (Figura 5).



**Figura 5.** Dinámica de la cobertura de manglar desde 1957-2022 para el fragmento de bosque.

Estudios similares de cambios en la cobertura de manglar son los reportados por (Berlanga *et al.*, 2007) a partir de análisis multitemporales con imágenes satelitales desde 1973-2000 que ha sido implementado en el sistema lagunar Teacapán-Agua Brava en México, generando mapas temáticos en los que

se ha observado pérdidas de hasta un 3.2 % de la cobertura.

Valeria (2022) a partir del análisis multitemporal del comportamiento forestal en el ecosistema manglar mediante percepción remota, en el período 1986 a 2021 en Tumbes, Perú reporta pérdidas anuales por deforestación en todos los períodos evaluados.

La detección de cambios temporales de cobertura entre fotomosaicos de (1989-1994) evidenció cambios de cobertura en un área de 0.3 ha en la franja de protección del manglar debido probablemente al tránsito de automotores y al desarrollo de infraestructura urbana (6.05 ha) según González (2002).

El empleo del NDVI para mapear la cobertura de manglar a partir de imágenes *Landsat* en 1985 y 2017 demostró disminución de la cobertura de mangle debido a la creación de piscinas camaroneras y deforestación ilegal (Zhiminaicela *et al.*, 2020).

La estabilidad de localización calculada señaló que la cobertura total del

fragmento de bosque de manglar se ha mantenido sin cambios en su distribución espacial, manteniéndose en el mismo sitio.

La estabilidad de residencia obtenida demostró que los períodos 1971-1999 y 2003-2022 han sido los que han perdido coberturas en razones de cambio neto de - 4.9 y - 2.6 % respectivamente.

La tasa media de deforestación reportó incrementos para los períodos de 1957-1971 de un 0.08 %, 1999-2003 de un 1.9 % y un 0.12 % para todo el período. Se reporta además, un decrecimiento en los períodos de 1971-1999 en -0.17 % y 2003-2022 de -0.12 % (Tabla 2).

**Tabla 2.** Indicadores de cambios de la cobertura del sector costero la Coloma-Cortés.

Clase	Estabilidad %									
	1957-1971		1971-1999		1999-2003		2003-2022		1957-2022	
	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
<b>Cobertura de manglar</b>	83.8	13.1	97.4	- 4.9	92.2	7.9	100	- 2.6	97.4	13.2
<b>Tasa media de deforestación</b>	0.08		-0.17		1.9		-0.12		0.12	

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados demostraron la dinámica de la cobertura del bosque de manglar, estudios similares son realizados por Valeria (2022) y Vera (2018) cuando obtienen tasa de deforestación de hasta - 0.55 % en 1986 y -0.03 % en 2020 y de -2.4 % en 2006 para manglares del departamento de Tumbes en Perú y Río Esmeraldas en Ecuador respectivamente.

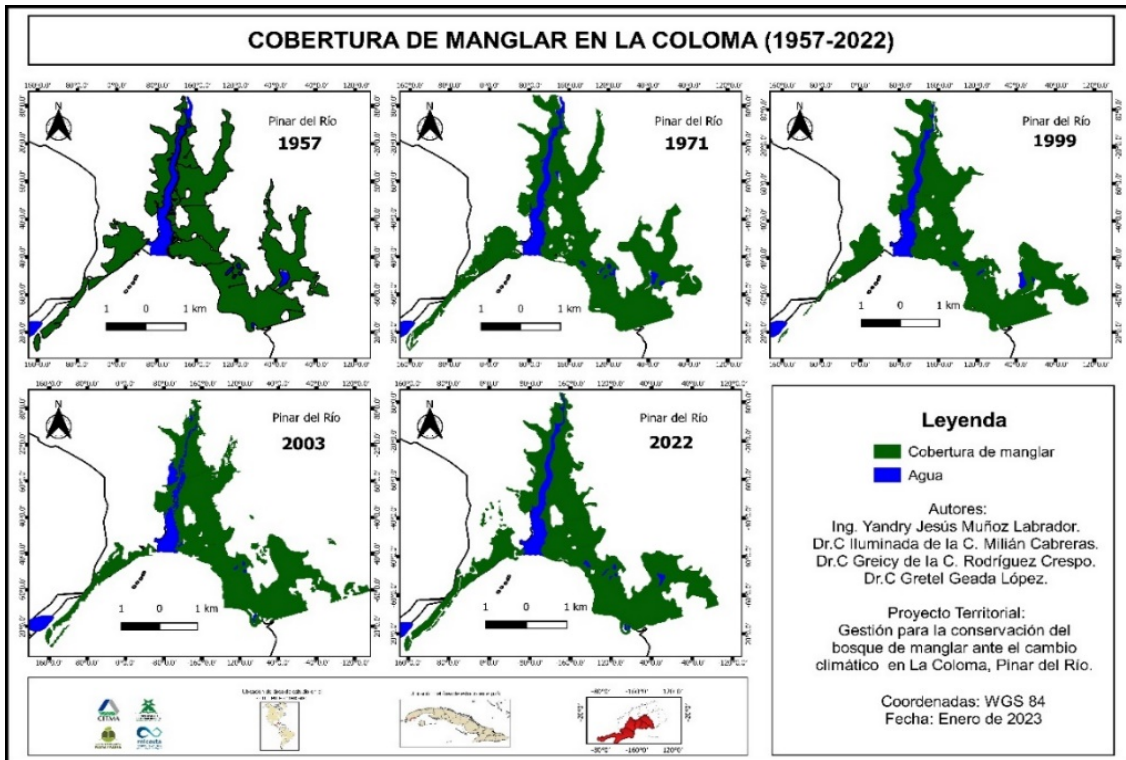
El Consejo Popular de La Coloma en uno de las comunidades costeras más

pobladas y en contacto directo con la zona de estudio.

Presenta un desarrollo industrial en el sector pesquero marcado por la Empresa Pesquera Industrial La Coloma y una base deportiva de pesca.

La comunidad carece de sistemas de alcantarillados por lo que los residuos se vierten a canales que depositan en el manglar.

Resultado de ello hizo posible que el análisis espacial de coberturas demostrara que los mayores cambios ocurridos en la dinámica boscosa de manglar se registren en las áreas circundantes a dicho poblado costero (Figura 6).



**Figura 6.** Mapa que muestra los cambios de cobertura del bosque de manglar en La Coloma 1957-2022.

La cobertura de manglar en el sector de La Coloma se manifiesta de forma diferente al sector en su conjunto.

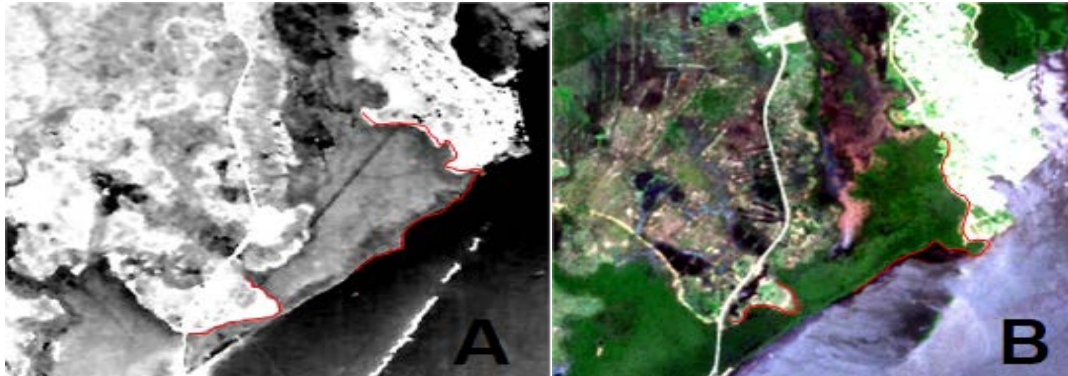
Se observa una disminución considerable en los años 1957 y 1999 debiéndose a lo ya expuesto con anterioridad (Figura 7).



**Figura 7.** Dinámica de la cobertura de manglar en la comunidad costera La Coloma desde 1957.

A partir de la construcción de la Empresa Pesquera Industrial La Coloma "Epicol" en el año 1976 y el astillero en el año 1988 (Bustio, 2004) ocurrieron cambios en la línea de costa producto a

la deforestación y nivelación del terreno, disminuyendo de esta forma la cobertura del bosque de manglar en esta área (Figura 8 A y B).



**Figura 8.** Cambios en la cobertura de manglar en La Coloma.

**Leyenda:** **A-** Vuelo norteamericano de 1957; **B-** Imagen Sentinel 2A de 2022.

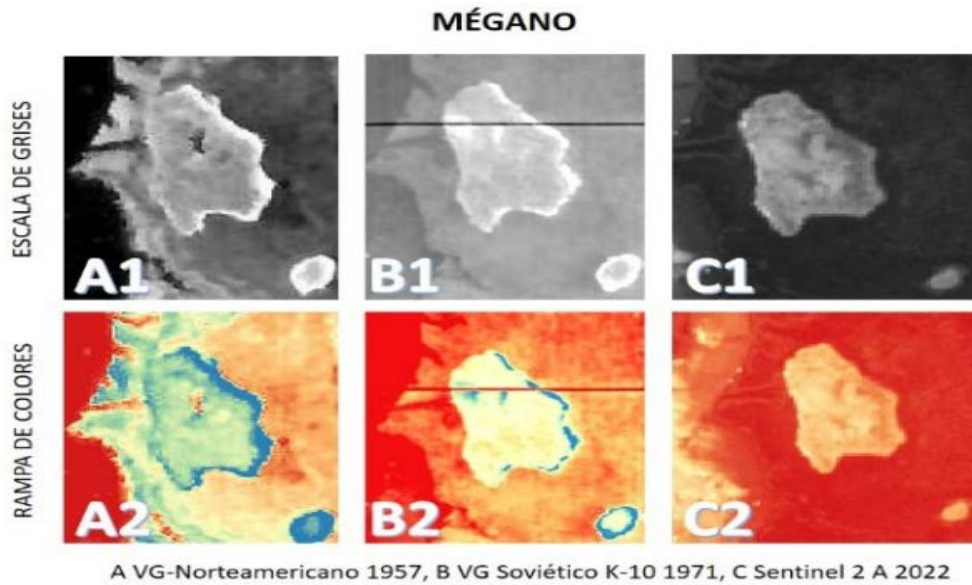
Cambios de pérdidas de cobertura de mangle por acciones antrópicas como: tala (aprovechamiento para producir carbón, muebles) cambio de uso de suelo (espacio para muelles, chalets, etc.), avance de actividades de ganadería entre otros y de manera natural por fenómenos naturales hidrometeorológicos se han presenciado en el análisis espacial de las áreas de Río Sarstún, Río Dulce y Punta de Manabique en Guatemala, en áreas de Río Sarstún, Río Dulce y Punta de Manabique entre 2012-2019 mediante el empleo de imágenes Landsat 8, Rapideye y Sentinel (Izabal, 2021).

Cierto grado de pérdida en lo que respecta a la cobertura de manglares han sido reportadas en el Estuario de Santos (Brasil) entre (1993-2000) mediante el

análisis de imágenes landsat producto al crecimiento de los asentamientos urbanos (Almeida *et al.*, 2009).

La deforestación en el ecosistema manglar ha ocurrido principalmente por la expansión acuícola entre 1986-2021 en el departamento de Tumbes en Perú a partir de un estudio mediante el empleo de imágenes Landsat (Cabrera, 2022).

El estudio de un parche de bosque de ciénaga costera en el fragmento de manglar conocido por los pobladores como (Mégano) con cierto grado de conservación por encontrarse fuera de la acción humana (Caraballo *et al.*, 2023) sirvió como referente para evaluar el comportamiento natural de la dinámica espacial y temporal del manglar en los años 1957, 1971 y 2022 (Figura 9).

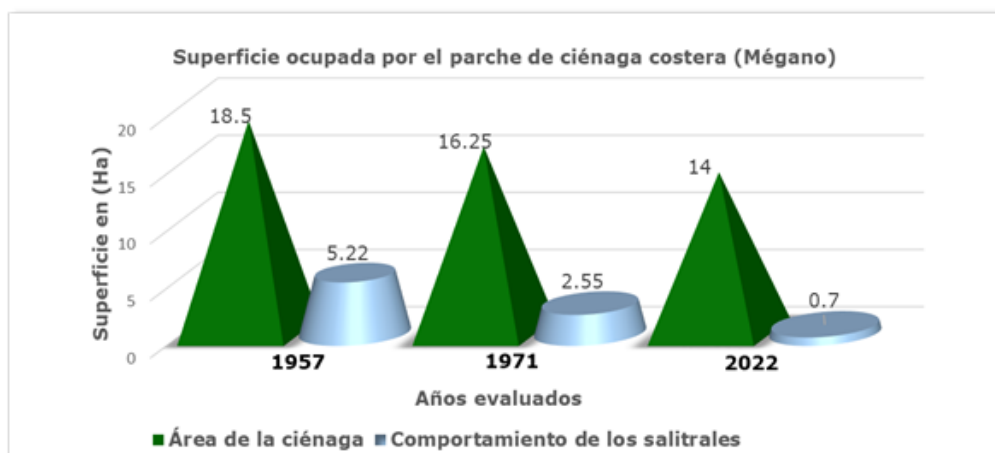


**Figura 9.** Reducción del área del parche de Ciénaga Costera “El Mégano” 1957-2022.

El ecosistema de manglar para este parche de ciénaga costera se comporta de forma invasiva a lo largo de más 70 años. El aumento de las condiciones de salinidad debido al aumento del nivel medio del mar y de la dinámica de las mareas ha propiciado las condiciones adecuadas para que esta formación aumente gane terreno. Ocupación de áreas de ciénaga costera propicias para el establecimiento del

manglar se ha reportado en Yucatán México (Febles, 2009).

El análisis demostró un aumento de la cobertura de manglar hacia el área de la ciénaga ocasionando una reducción de la misma con un consiguiente decline de los salitrales (Figura 10). Los manglares que se encuentran a las márgenes de los ríos y desembocadura de estos experimentan una buena recuperación (Cabrera, 2022).



**Figura 10.** Comportamiento de la superficie ocupada por el parche ciénaga costera.



Esto ha provocado la pérdida de especies autóctonas de la ciénaga como la

*Copernicia hospital* (Mart) conocida vulgarmente como (guano prieto) (Figura 11 A).



**Figura 11.** Ocupación del área de la ciénaga costera por el bosque de manglar y disminución de los salitrales. **Leyenda:** **A-** Ausencia de especies; **B-** Salinización.

Ante este fenómeno en el que el área del parche se ve reducida por la ganancia de terreno por el mangle se detecta una reducción considerable de los salitrales. Se infiere que este fenómeno se debe en lo particular al aumento de la altitud del terreno que de conjunto con la presencia un gran herbazal compuesto por *Paspalum vaginatum* (Sw), *Cortadeira selloana* (Schult), *Butomus umbellatus* (L.), *Beloschoenus maritimus* (L), *Purshia tridentata* (Pursh) y de *Batis marítima* (L.), esta última tanto para el manglar

como para los salitrales de hojas suculentas retiene hasta el 75 % de la salinidad y que la elevación del terreno determina el acrecentamiento vertical y horizontal (Citrón *et al.*, 1982), como se muestra en la Figura 11 B.

Resultaría de gran importancia la continuación de estudios de dinámica de esta formación con el empleo de imágenes de alta resolución espectral que permita poder observar a gran escala su comportamiento en aras de poder realizar acciones de intervención que propicien su conservación y cuidado.

## CONCLUSIONES

El estudio de dinámica de cobertura del fragmento de bosque de manglar comprendido entre la Ensenada de La Coloma y la Albufera de Cortés demostró que la vegetación de manglar ha mostrado un comportamiento general estable durante los 65 años evaluados.

Se ha comprobado que las afectaciones al bosque de manglar se centran sobre el comportamiento de los estados de salud y conservación destacando que entre los principales aspectos que han incidido sobre la dinámica de esta formación son los eventos hidrometeorológicos (huracanes de gran intensidad) y las

acciones antrópicas (desarrollo de la agricultura, la urbanización, la tala indiscriminada y las playas).

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto territorial de (I+D+i) "Gestión para la conservación del bosque de manglar ante el cambio climático en La Coloma, Pinar del Río" con código PT122PR002-010 ejecutado por la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca", perteneciente al programa territorial de Recursos Naturales y Cambio Climático coordinado

La tendencia de esta formación en la actualidad ha sido a aumentar su área tierra adentro, en detrimento de otras formaciones como la ciénaga costera.

por el Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales "ECOVIDA".

Al Proyecto de Colaboración Internacional "Resiliencia al cambio climático en la zona costera de Cuba a través de la adaptación basada en ecosistemas" (Mi Costa) financiado por el Fondo Verde del Clima.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adade, R., Ekumah, B., & Aibinu, A.M. (2021). Unmanned Aerial Vehicle (UAV) applications in coastal zone management— areview. *Environment Monitoring and Assessment* 193, 154. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08949-8>
- Agrios, G.N. (1995). *Fitopatología*. ISBN: 9681851846. Editorial Limusa S.A. De C.V. México. 838p. Recuperado de <https://books.google.com/cu/books?id=6hVKNAAACAAJ>
- Almeida, P., Duriavich, M., Napolitano, R., & Feoli, E. (2009). Aplicación de técnicas SIG, sensoramiento remoto y análisis multicriterio para la detección de impactos antropogénicos en la cobertura de suelos y su proyección para el 2010. Caso de estudio: Estuario de Santos, Brasil. *Revista Tecnológica ESPOL-RTE*, 22(1), 73-79. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/issue/view/10>
- Benavides-Varela, C., Samper-Villarreal, J., & Cortés, J. Cambios en la cobertura de manglares en Bahía Culebra, Pacífico Norte de Costa Rica (1945-2010). (2016). Universidad de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 64(3), 955-964. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44946472004>
- Berlanga, C.A., & Ruiz, A. (2007). Análisis de las tendencias de cambio del bosque de Mangle del sistema lagunar Teacapán-agua brava, México. Una aproximación con el uso de imágenes de satélite Landsat. Universidad Juárez, México. *Universidad y Ciencia*, 23(1), 29-46 <https://dialnet.unirioja.es/revista/7994/A/2007>
- Bustio, A. (2004). *Gestión Comunitaria y Planificación Integrada de Zonas Costeras La Coloma y Cortés, dos estudios de caso Cubanos* [Tesis doctoral]. Universidad de Alicante. Recuperado de <https://www.google.com/cu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=>

- [e=web&cd=&ved=2ahUKewjOgdbtjJv2AhXMOzABHTwDBccQFnoECAsQAO&url=https%3A%2F%2Frua.ua.es%2Fdspace%2Fbitstream%2F10045%2F3324%2F1%2FBustio-Ramos-Ania.pdf&usq=AOvVaw3jLjh2klq-KnjOpuh6OI08](https://doi.org/10.7818/ECOS.2682)
- Camacho-Velasco, A., Vargas-García, C.A., Rojas-Morales, F.A., Castillo-Castelblanco, S. F., & Argueyo-Fuentes, H. (2015). Aplicaciones y retos del sensado remoto hiperespectral en la Geología colombiana. *Revista Facultad de Ingeniería*, 24(40), 17-29. <https://dialnet.unirioja.es/describa/articulo/5191731.pdf>
- Caraballo Marrero, N., Muñoz Labrador, Y. J., Milián Cabrerías, I. de la C., Blanco García, R., & Placeres Hernández, R. (2023). Vegetación asociada a un parche de ciénaga costera en La Coloma, Pinar del Río. *Avances*, 25(4), 520-536. <http://avances.pinar.cu/index.php/publicaciones/article/view/788/2114>
- Carvajal-Osesa, M., Herrera-Ulloa, A., Valdés-Rodríguez, B., & Campos-Rodríguez, R. (2019). Manglares y sus Servicios Ecosistémicos: hacia un Desarrollo Sostenible. *Gestión y Ambiente*, 22(2), 277-290. <https://doi.org/10.15446/ga.v22n2.80639>
- Castro-Lema, J.I., Luna-Romero, A.E., Barrezueta-Unda, S.A., & Villaseñor-Ortiz, D.R. (2021). Análisis multitemporal de imágenes sentinel-2 para la cobertura vegetal de la zona andina de la provincia de El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(3), 23-29. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/490>
- Cerón-Souza, I., Puerta-Piñero, C., & Blanco, J.A. (2023). Manglares de las Américas. *Ecosistemas* 32(3), 2682. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2682>
- Citrón, G., Horna, R., Paredes, I., & Bonifáz, C. (1982). Algunas observaciones sobre el desarrollo del manglar en la costa continental del Ecuador y Perú. *Oceanológica Acta* (SP), 253-258. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00246/35740/34248.pdf>
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. 2da ed.: Ediciones RIALP, S.A. ISBN 843212680-2. Recuperado de <http://cursosihlla.bdh.org.ar/SistemaCartografico/Teledeteccion/Bibliografia/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>
- Denis, D., Curbelo, E., Madrigal, J., & Pérez, D. (2020). Variación espacio-temporal de la respuesta espectral en manglares de La Habana, Cuba, a través de sensores remotos. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 321-335. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i1.39134>
- Febles, J., Novelo, J., & Batllori, E. (2009). Pruebas de reforestación de mangle en una ciénaga costera semiárida de Yucatán, México. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. *Madera y Bosques*, 15(3), 65-86. [https://www.scielo.org.mx/scielolo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712009000300004](https://www.scielo.org.mx/scielolo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712009000300004)
- Galford, G.L., Fernandez, M., Roman, J., Monasterolo, I., Ahamed, S., ... & Kaufman, L. (2018). Cuban land use and conservation, from rainforests to coral reefs. *Bulletin of Marine Science*, 94(1), 23. <https://scholarworks.uvm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=rsfac>



- González, P. (2002). *Estructura y análisis espacial de la cobertura del manglar El Conchalito* [Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Manejo de Recursos Marinos]. La Paz, Baja California Sur, México. Recuperado de <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14652>
- Herrera, A., Teutli, C., Secaira, F., Braun, R., Bowman, J.,... & Guerra, L. (2022). Daños a los manglares causados por huracanes. Técnicas y costos de reparación tras una tormenta. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia. Recuperado de <https://docplayer.es/235215656-Danos-a-los-manglares-causados-por-huracanes-tecnicas-y-costos-de-restauracion-tras-una-tormenta.html>
- Izabal. (2021). *Informe Final. Plan piloto para el estudio de análisis multitemporal del Ecosistema manglar 2012-2019 en las áreas protegidas de Río Sarstun, Punta de Manabique y Río Dulce* [Proyecto bosques, biodiversidad y desarrollo comunitario fortaleciendo la gestión nacional de áreas protegidas en Guatemala y Honduras]. Recuperado de <https://www.euroclima.org/images/2021/Bosques/Informe--Final-Estudio-Multitemporal-del-Mangle---13-10-21-preliminar.pdf>
- Pastor-Guzman, J., Dash, J., & Atkinson, P.M. (2018). Remote sensing of mangrove forest phenology and its environmental drivers. *Remote Sensing of Environment*, 205, 71-84 pp. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.11.009>
- Rioja-Nieto, R., Barrera-Falcón, E., Merchán, A. P. (2019). *Mantenimiento y actualización de la GDB de aerofotografías análogas y digitales tomadas a lo largo de la historia por el IGAC con su respectiva georreferenciación y control de calidad de vuelos fotogramétricos*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24659/Merch%EF%BF%BDnCantorAndreaDelPilar2019.pdf?sequence=1>
- Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI. (2019). *Encuesta nacional de intenciones de siembra 2019*. Lima, Perú: Dirección general de seguimiento y evaluación de políticas dirección de estadística agraria. Recuperado de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/419551/Libro\\_Resultado\\_ENIS\\_2019-2020\\_260719.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/419551/Libro_Resultado_ENIS_2019-2020_260719.pdf)
- Muñoz, Y.J., Milián, I. de la C., Rodríguez, G. de la C., González, L., Blanco, R., Caraballo, N., & Placeres, R. (2023). Caracterización de un fragmento de bosque de manglar en la ensenada de La Coloma, Pinar del Río. *Ecosistemas* 32(3), 225-235. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2595>
- Nazco-Torres, A., Milián-Cabrera, I. de la C., & Labrador-Muñoz, Y. J. (2022). Estudio ambiental del municipio Pinar del Río utilizando técnicas de geoprocésamiento integrado. *Avances*, 24(3), 358-370. <http://avances.pinar.cu/index.php/publicaciones/article/view/709/2012>

- Pastor-Guzman, J., Dash, J., & Atkinson, P.M. (2018). Remote sensing of mangrove forest phenology and its environmental drivers. *Remote Sensing of Environment*, 205, 71-84 pp. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.11.009>
- Rioja-Nieto, R., Barrera-Falcón, E., Torres-Irineo, E., Mendoza-González, G., & Cuervo-Robayo, A. (2017). Environmental drivers of decadal change of a mangrove forest in the North coast of the Yucatan peninsula, Mexico. *Journal of Coastal Conservation*, 21, 167-175. <https://doi.org/10.1007/s11852-016-0486-0>
- Rojó-Báez, I., García-Estrada, R. S., León-Félix, J. Sañudo-Barajas, A., & Allende-Molar, R. (2016). Histopatología del proceso de infección de *Colletotrichum truncatum* en hojas de papaya y chícharo. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 34(3), 316-325. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1604-3>
- Roman, J. (2018). The ecology and conservation of Cuba's coastal and marine ecosystems. *Bulletin of Marine Science*, 94(2), 149-169. <https://doi.org/10.5343/bms.2017.1164>
- Saldaña, V. (2019). *Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo con imágenes satelitales del distrito de Chancay años 2001 y 2018*. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Académico Profesional de Agronomía. Cajamarca. Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2990>
- Thomas, N., Bunting, P., Hardy, A., Lucas, R., Rosenqvist, A., & Fatoyinbo, T. (2018). Mapping Mangrove Extent and Change: A Globally Applicable Approach. *Remote Sensing*, 10, 1466-1486. <https://doi.org/10.3390/rs1009146>
- Valeria, V. (2022). *Análisis multitemporal del comportamiento forestal en el ecosistema manglar mediante percepción remota, período 1986 a 2021, Tumbes*. Universidad Nacional de Tumbes, Facultad de Ciencias Agrarias. Perú. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/63842>
- Vera Andrade, E.A. (2018). Evaluación y análisis de los cambios de cobertura vegetal del manglar del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas. Pontificia Católica Universidad del Ecuador. <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/1737>
- Wang, D. Bo Wan, Jing Liu, Yanjun Su, Qinghua Guo, Penghua Qiu, & Xincai Wu. (2020). Estimating aboveground biomass of the mangrove forests on northeast Hainan Island in China using an upscaling method from field plots, UAV-LiDAR data and Sentinel-2 imagery. ISSN 0303-2434. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 85, 101986. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101986>
- Zhiminaicela, J., Quevedo, J., Lalangui, Y., Mogro, M., Astudillo, J., & Barzallo, X. (2020). Mapeo multiespectral del impacto de piscinas camaroneras al ecosistema de manglar del Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Manglar* 17(3), 269-274. <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/issue/view/20>

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

**Muñoz Labrador, Y. J.:** Administración del proyecto, adquisición de fondos, análisis formal, conceptualización, investigación, metodología, redacción de manuscrito, trabajo de campo.

**Milián Cabreras, I. de la C.:** Recursos, supervisión, conceptualización, redacción- revisión y edición, redacción-borrador original, revisión bibliográfica, trabajo de campo.

**Rodríguez Crespo, G. de la C.:** recursos, investigación, curaduría de datos, validación y visualización, metodología, análisis estadístico, revisión general.

**Geda López, G.:** recursos, investigación, validación y visualización, metodología, análisis estadístico, revisión general.

## CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores no declaran conflictos de interés con la publicación de este artículo.

***Avances journal assumes the Creative Commons 4.0 international license***