


**Estado de la vegetación del fragmento de bosque de manglar de Playa Bailén, Pinar del Río, Cuba**

*Vegetation status of the mangrove forest fragment of Playa Bailen, Pinar del Río, Cuba*

*Estado da vegetação do fragment de manguezal de Playa Bailen, Pinar del Río, Cuba*


**Anislén Frade Braña**

Ingeniera Hidrógrafa Gesdesta, Directora de Ciencia, Tecnología e Innovación del Grupo Empresarial GeoCuba, Pinar del Río, Cuba,  : [dircti@pinar.geocuba.cu](mailto:dircti@pinar.geocuba.cu) ;



 : <https://orcid.org/0009-0005-2600-7715>

**Illuminada de la Caridad Milián Cabrera**

Ingeniera Aerofotogeodesta, Doctor en Ciencias Geográficas, profesora Titular, Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca, Pinar del Río, Cuba,  : [iluminada@upr.edu.cu](mailto:iluminada@upr.edu.cu) ;

 : <https://orcid.org/0000-0001-8665-2285>

**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>

**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>

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

Frade Braña, A., Milián Cabrera, I. de la C., Muñoz Labrador, Y. J., & Rodríguez Crespo, G. de la C. (2024). Estado de la vegetación del fragmento de bosque de manglar de Playa Bailén, Pinar del Río, Cuba. *Avances*, 26(3), 367-382. <https://avances.pinar.cu/index.php/publicaciones/article/view/839/2147>

**Recibido:** 13 de diciembre de 2023

**Aceptado:** 22 de mayo de 2024

**RESUMEN**

El bosque de manglar constituye la primera barrera de contención de la erosión costera y en Cuba este bosque es el de mayor extensión. El objetivo de la investigación fue

evaluar de forma cualitativa y cuantitativa el estado de la vegetación del fragmento de bosque de manglar de Playa Bailén, utilizando las técnicas del geoprocesamiento

integrado a través del cálculo de índices de vegetación. Se realizó un estudio espacio temporal que contempló el período 2017 a 2023, donde incidieron tres eventos hidrometeorológicos. Para determinar el estado actual se utilizó una imagen satelital Sentinel 2A de abril 2024. Se realizaron diferentes análisis de índice de vegetación como: índice de vegetación diferencial normalizado, índice de vegetación ajustado al suelo, índice de clorofila, los cuales arrojaron cualitativamente la calidad del área. Se clasificó el bosque de manglar por estados de conservación, definiendo los mismos como: vegetación densa, vegetación moderada y vegetación escasa calculándose las hectáreas comprendidas.

**Palabras clave:** Estudio espaciotemporal; índices de vegetación; estados de conservación.

## ABSTRACT

The mangrove forest is the first barrier of containment of coastal erosion and in Cuba this forest is the largest. The objective of the research was to qualitatively and quantitatively evaluate the state of the vegetation of the mangrove forest fragment of Playa Bailén, using integrated geoprocessing techniques through the calculation of vegetation indices. A spatio-temporal study was carried out that contemplated the period 2017 to 2023, where three hydrometeorological events had an impact. To determine the current status, a Sentinel 2A satellite image from April 2024 was used. Different vegetation index analyses were carried out, such as: normalized differential vegetation index, soil-

adjusted vegetation index, chlorophyll index, which qualitatively yielded the quality of the area. The mangrove forest was classified by conservation status, defining them as: dense vegetation, moderate vegetation and scarce vegetation, calculating the hectares included.

**Keywords:** spatio-temporal study; vegetation indices; conservation states.

## RESUMO

O manguezal é a primeira barreira de contenção da erosão costeira e em Cuba esta floresta é a maior. O objetivo da pesquisa foi avaliar qualitativa e quantitativamente o estado da vegetação do fragmento de floresta de mangue de Playa Bailén, utilizando técnicas integradas de geoprocessamento através do cálculo de índices de vegetação. Foi realizado um estudo espaço-temporal que contemplou o período de 2017 a 2023, onde três eventos hidrometeorológicos tiveram impacto. Para determinar o status atual, uma imagem de satélite Sentinel 2A de abril de 2024 foi usada. Foram realizadas diferentes análises de índices de vegetação, tais como: índice de vegetação diferencial normalizado, índice de vegetação ajustado ao solo, índice de clorofila, que produziram qualitativamente a qualidade da área. A floresta de mangue foi classificada por estado de conservação, definindo-os como: vegetação densa, vegetação moderada e vegetação escassa, calculando-se os hectares incluídos.

**Palavra-chave:** Estudo espaço-temporal; índices de vegetação; estados de conservação.

## INTRODUCCIÓN

El bosque de manglar constituye un ecosistema interdependiente y singular caracterizado por asociaciones vegetales costeras tropicales y subtropicales que se desarrollan sobre sustratos fangosos y que presentan particulares características morfológicas, fisiológicas y reproductivas. En

Cuba se desarrollan cuatro especies: *Rhizophora mangle* (L.), *Avicennia germinans* (L.), *Laguncularia racemosa* (L.) y *Conocarpus erectus* (L.); las tres primera especies son consideradas manglares verdaderos por las adaptaciones morfológicas y fisiológicas que

presentan al medio acuático salino donde se desarrollan (Osland *et al.*, 2018)

Este ecosistema constituye un refugio ideal en cuanto se trata de un ambiente resguardado y un lugar preferente de reproducción, anidación y alimentación de diversas especies de crustáceos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, debido a la abundancia de materia orgánica y nutrientes (Friesen *et al.*, 2018).

Debe destacarse la función de protección del litoral, frente a la erosión e inundación, que este ecosistema desarrolla, amortiguando la energía del viento y del oleaje sobre la costa y así protegiéndola de los efectos de la erosión crónica relacionada con temporales y huracanes (Bolívar *et al.*, 2020).

Milián (2003) plantea que gran parte de la costa sur de Pinar del Río está sometida a un proceso de erosión, agudizado por la penetración del mar, que en ocasiones responde a los fenómenos atmosféricos que azotan las costas cubanas gran parte del año. Las zonas más sensibles a estos fenómenos son las comprendidas en los tramos de las playas y zonas bajas.

La erosión casi generalizada en ese tramo de costa, puede provocar el deterioro de las playas, así como la pérdida de muchos recursos naturales, entre ellos las coberturas de mangle, que inferiría la disminución de la defensa más eficaz del territorio frente al oleaje, dentro de estas áreas vulnerables se encuentra el fragmento de bosque de manglar de playa Bailén, que teniendo en cuenta lo planteado anteriormente está

sometido a estado de estrés debido a estos eventos.

Para evaluar con rapidez y precisión el estado de la vegetación se pueden utilizar las herramientas del Geoprocamiento Integrado y dentro de ellas los cálculos de Índices de Vegetación (IV), que se obtienen de combinaciones matemáticas de dos o más bandas espectrales, registradas por los satélites de teledetección, que mejora el contraste entre la vegetación (que tiene alta reflectancia), el suelo desnudo y las estructuras artificiales, además permite cuantificar las características de la planta, como la biomasa, el vigor, la densidad.

Para conocer el estado de la vegetación del fragmento de bosque de manglar en playa Bailén se calcularon diferentes índices: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI), Índice de Clorofila (GCI).

Rhyma *et al.* (2020) establece que el NDVI ha sido ampliamente utilizado para el monitoreo de los bosques de manglar y presenta una fácil interpretación, ya que posee un rango de medición de -1 a +1, donde los valores positivos reflejan zonas con presencia de vegetación. El NDVI ayuda a diferenciar la vegetación de otros tipos de cobertura del suelo (artificial) y determinar su estado general. También permite definir y visualizar áreas con vegetación en la imagen satelital, así como detectar cambios anormales en el proceso de crecimiento.

Por otra parte, el SAVI fue desarrollado para eliminar la influencia que tiene el suelo

en la absorción de la reflectancia por la vegetación, este incluye el parámetro L (constante) el cual puede obtener valores entre 0 y 1 para eliminar el efecto del suelo, según Ávila *et al.* (2020) es un NDVI mejorado.

Otro índice importante es el Índice de Clorofila (GCI), se usa para calcular la cantidad total de clorofila en las plantas. El contenido de clorofila refleja el estado

fisiológico de la vegetación; disminuye en las plantas estresadas y, por lo tanto, puede utilizarse como medida de la salud de las plantas.

Por todo lo anterior, el objetivo del trabajo es evaluar de forma cualitativa y cualitativa el estado de la vegetación del fragmento de bosque de manglar de Playa Bailén utilizando las técnicas del geoprocésamiento integrado a través del cálculo de índices de vegetación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Delimitación y ubicación geográfica del área de estudio*

La playa Bailén (Figura1), se localiza en la hoja cartográfica 3482-III-a Playa Bailén. Se encuentra ubicada en la costa sur de la provincia de Pinar de Río, perteneciente al Consejo Popular Sábalo, municipio Guane, Cuba occidental y dista unos 50 Km de la capital provincial. Limita al norte con el poblado de Sábalo, al sur con el Mar Caribe,

con la desembocadura del río Boca del Sábalo al oeste, y con el arroyo Puercos al este. La playa ocupa un área de 2 850 m<sup>2</sup> aproximadamente. Situada a 5 millas al suroeste de la Boca de la Laguna o Ensenada de Galafre, constituye una extensa playa donde son numerosas las cabañas y otras construcciones de veraneo.

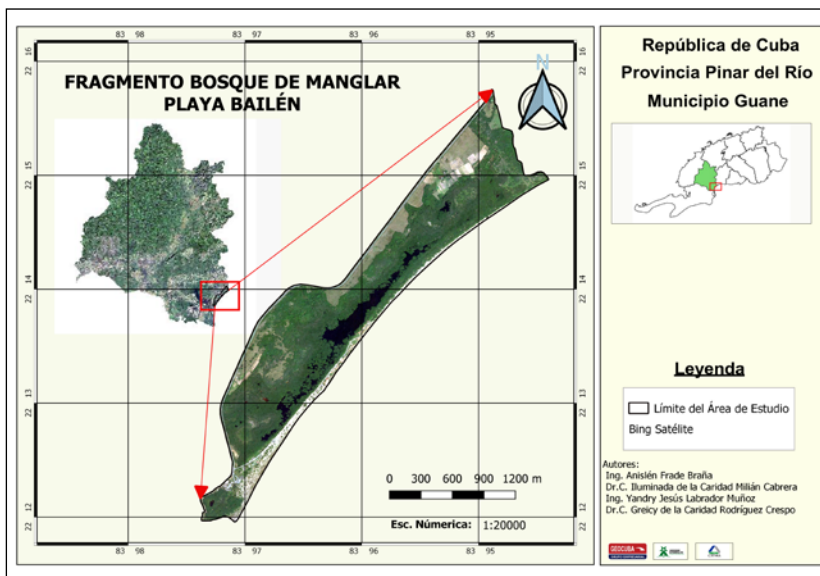


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Como vegetación existe presencia de *Casuarina equisetifolia* (L.), *Cocos nucifera* (L.), *Coccoloba uvífera* (L.) y otros árboles frondosos. Detrás del caserío de la duna crecen mangles, alrededor de lagunas interiores.

El fragmento de manglar bajo estudio pertenece a la Empresa Agroforestal Macurije y no se encuentra protegido.

### ***Descargue y obtención de las imágenes satelitales***

Para obtener las imágenes satelitales se empleó la Plataforma "eos.com" de la Agencia Espacial Europea (ESA), teniendo en cuenta que las imágenes a utilizar presentaran un bajo porcentaje de nubosidad y sombras, y que en caso de que existieran fuese mínimo, aspectos tenidos en cuenta por (Nazco, 2022). Se eligió una fecha de descargue que fuera lo más cercana posible al tiempo de interés del proyecto de la investigación. Las imágenes se descaragaron por bandas y en su color natural para apoyar la fotointerpretación.

Imágenes del satélite óptico Sentinel 2A (Nivel 1C) de los años 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023 para la determinación de la estadística por años del estado de conservación del fragmento de bosque de manglar, con la imagen de 7 de Abril de 2024 Sentinel-2 L2 A, la cual presentó muy bajo porcentaje de nubosidad sobre el área de interés, se realizaron los mapas de NDVI actualizados y los cálculos de las áreas por su estado de conservación.

Software Ruso: SAS.Planet.Release.160707 para realizar la descarga de la imagen satelital de la plataforma Google Earth.

Imagen satelital de Google Earth de 2019: Extensión *ecw.aux.xml* (KML) para definir el área de trabajo.

Software "Sistema de Información Geográfica": QGIS V- 3.23. para el cálculo de los IV.

Hoja del Mapa Topográfico Nomenclatura 3482-III-a Playa Bailén para la localización geográfica del área de estudio.

### ***Tratamiento de imágenes.***

Se realizó la corrección atmosférica para eliminar el efecto de la atmósfera (el que hace que las imágenes se vean borrosas) por el método DOS, en el software QGIS v. 3.23, a través del plugin "Semi-Automatic Classification" desarrollado por Congedo (2021).

A través del plugin "Semi-Automatic Classification", comando "Procesamiento de bandas" y la opción "Combinación de bandas" se obtuvo un compósito de color natural en la imagen con la que se realizó la fotointerpretación sobre la imagen de *Google Earth*, mediante la combinación de bandas Sentinel 2 A (B4-B3-B2).

## 1. Comportamiento de la vegetación

Se calcularon los datos del comportamiento de la vegetación a través de los índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) obtenidos de las imágenes satelitales del Sentinel 2A de 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023.

## 2. Cálculos de índices de la vegetación

### Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

Este índice fue diseñado por Tucker (1979) para el monitoreo de coberturas vegetales. El Índice de vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) se determinó mediante la fórmula 1:

$$NDVI = (NIR-Red) / (NIR+Red) \quad [1]$$

Donde:

NIR - reflectividad del píxel de la banda del infrarrojo cercano.

Red - reflectividad del píxel de la banda del rojo.

Para determinarlo se utilizó la herramienta Calculadora Ráster del programa QGIS V 3.23, los datos de ambas bandas fueron ingresados según la fórmula 2.

$$NDVI=(BO8 - BO4)/(BO8+BO4) \quad [2]$$

### Índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI)

Huete (1988), añadió un factor de ajuste del suelo L a la ecuación del NDVI para corregir los efectos de ruido del suelo (color, humedad, variabilidad del suelo entre regiones, etc.), que suelen afectar a los resultados.

El Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) se determinó mediante la fórmula 3:

$$SAVI=((NIR-RED)/(NIR+RED+L))*(1+L) \quad [3]$$

Donde:

NIR - reflectividad del píxel de la banda del infrarrojo cercano.

Red - reflectividad del píxel de la banda del rojo.

L - constante de compensación promedio, 0.5.

Los datos de ambas bandas fueron ingresados utilizando la fórmula 4.

$$SAVI=[(B 08 - B 04)/(B 08 +B 04 0.5) (1+0.5) \quad [4]$$

### Índice de Clorofila Verde (GCI)

El índice de Clorofila (GCI) ha sido implementado por diversos autores, entre los cuales se encuentran Soria *et al.* (2019) y Fauzi *et al.* (2019).

Se determina mediante la fórmula  
4:  $GCI = (NIR / Green) - 1$  [4]

Donde:

NIR - reflectividad del píxel de la banda del infrarrojo cercano.

Green - verde.

Para determinarlo se utilizó la herramienta Calculadora Raster del programa QGIS 3.23, los datos de ambas bandas fueron ingresados por la fórmula 5.

$GCI = (BO8 / BO3) - 1$  [5]

### **Fotointerpretación de los resultados**

El cálculo de los índices se presenta como un mapa de colores, donde cada tono

de verde corresponde a un cierto rango de valores. No existe una paleta de colores estándar, pero en este trabajo se empleó el color natural, diferenciándose el estado de la vegetación por los diferentes tonos de verde, lo que permitió fotointerpretar el resultado como que el verde claro representa escasa vegetación o suelo desnudo, el verde más intenso, vegetación moderada y el verde oscuro indican vegetación densa. Estos tonos de verde son un signo de cubierta de vegetación normal a densa.

### **3. Cálculo de áreas**

El cálculo de las áreas expresadas en hectáreas se realizó para determinar los estados de la vegetación, a partir de los resultados del cálculo de los índices y definiendo los mismos como: vegetación densa, vegetación moderada y escasa vegetación o suelo desnudo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **1. Comportamiento de la vegetación**

En el período evaluado (2017 hasta 2023) el área de estudio fue afectada por tres eventos meteorológicos que influyeron fuertemente en el área:

- Irma (6 de septiembre de 2017), que aunque no pasó directamente por Pinar del Río, afectó seriamente por la intensidad de la lluvia, se produjo el vertimiento de ocho presas, saturándose el suelo, repercutiendo en la agricultura

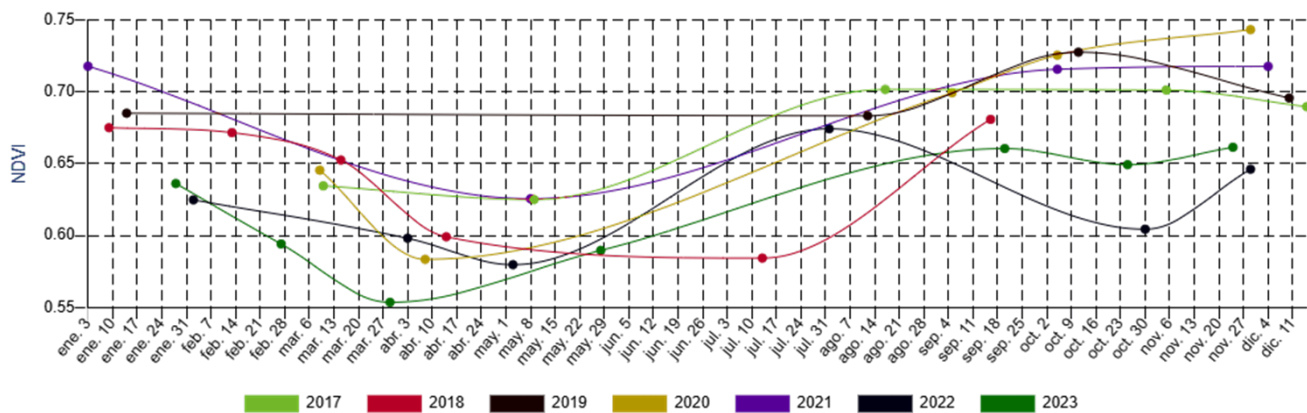
y en el estado de conservación de la vegetación.

- Ida (27 de agosto de 2021), perturbó a la provincia generando afectaciones por la intensidad de los vientos y el impacto de la penetración del mar, fundamentalmente por la zona sur.
- Ián (27 de septiembre de 2022), las fuertes lluvias y grandes vientos afectó severamente la infraestructura, las

inundaciones costeras afectaron el 100 % del ecosistema manglar, específicamente el *Avicenia germinans* (L.) muriendo por anoxia debido a la deposición de *Talazia* (hierba marina) y otros materiales no biodegradables arrastrados por el mar sobre sus neumatóforos.

En la Figura 2 se muestra el comportamiento de la vegetación en los años

analizados, en el eje de las X se muestran los meses y en el eje de las Y se muestra un rango de valores de NDVI para la vegetación entre 0.55 (más deteriorada) y 0,75 (mayor conservación). Obsérvese que en los años correspondientes a los tres eventos mencionados anteriormente hay una inflexión mínima de cada una de las curvas, lo que se corresponde con el deterioro causado en la vegetación por estos eventos.



**Figura 2.** Comportamiento de la vegetación en los años analizados (2017 al 2023).

En la medida en que se presentan mayores signos producidos por el cambio climático (debido a severos eventos hidrometeorológicos), el agua, el suelo y la biodiversidad se deterioran aún más (Oswald, 2012). Estos problemas provenientes de los eventos hidrometeorológicos, que aumentan de año en año en el Caribe, repercuten en Cuba con mucha intensidad en los ecosistemas frágiles, en este caso las costas y con ellas el bosque de manglar.

Muñoz *et al.* (2021) demostraron en estudios realizados en la península de Guanahacabibes, después del paso de un

evento meteorológico que los efectos del mismo sobre la vegetación es letal porque las inundaciones y los fuertes vientos arrasan con la vegetación a su paso.

Estos eventos han estado repercutiendo en la zonación del bosque de manglar en la zona suroeste de la provincia de Pinar del Río, desde la ensenada de La Coloma hasta la albufera de Cortés, no se puede considerar como la clásica zonación, sino que en este caso se encuentra un bosque de manglar mixto (Fernández, 2019; Milián, 2003).

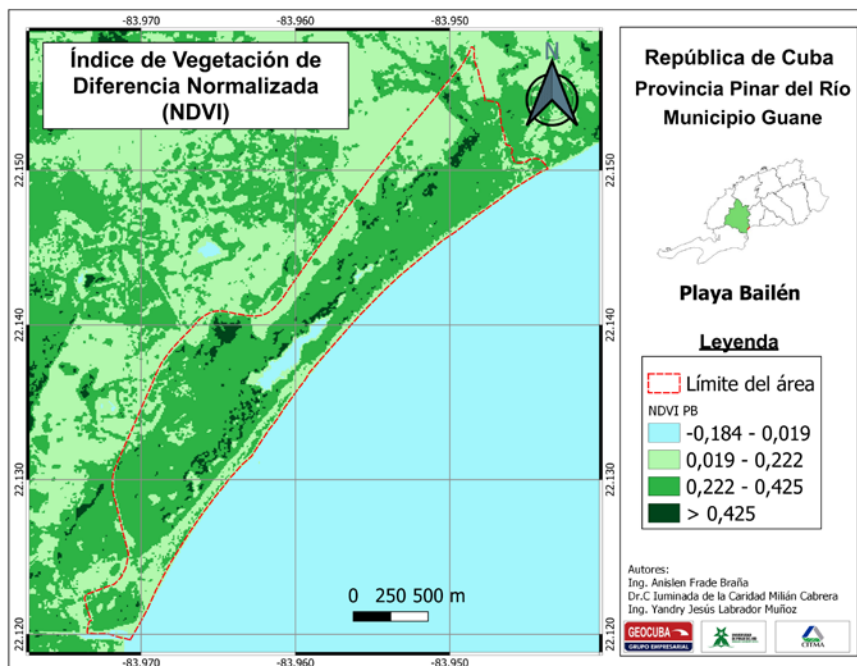


## 2. Índices de vegetación

### *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)*

En la Figura 3 se muestra el NDVI en el fragmento de bosque de manglar de Playa Bailén, según la fotointerpretación realizada el verde oscuro con valores mayores de 0,425 representa vegetación densa, saludable y con mayor porte. El verde más intenso representa vegetación moderada, comprendida en un rango de 0,222 – 0,425, con características de vegetación de mangle achaparrada y con determinado nivel de

degradación, con valores dasométricos pequeños. El verde claro representa vegetación escasa o suelo desnudo y están en el rango de 0,019 – 0,222, en este caso vegetación arbustiva y malezas. El azul representa, lagunas interiores. Estas clasificaciones correspondientes a cada rango se comprobaron durante los trabajo de campo. Se observa *Rhizophora mangle* (L.) conservado en el noroeste de la laguna grande interior, el cual se encuentra más protegido de los embates de los eventos meteorológicos.



**Figura 3.** Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.

### *Índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI)*

El SAVI se determinó para corregir el efecto del suelo en el valor del índice, cuyos resultados se muestran en la Figura 4. En la fotointerpretación realizada los índices

calculados y representados en el mapa mediante paleta de tonos de verde, expresan que los valores verde oscuro mayores de 0,637 representa vegetación densa,

saludable y con mayor porte. El verde más intenso representa vegetación moderada, comprendida en un rango de 0,332 – 0,637, con características de vegetación de mangle achaparrada y con determinado nivel de degradación. El verde claro representa vegetación escasa, vegetación arbustiva y malezas o suelo desnudo y están en el rango

de 0,028 – 0,332. El azul representa, lagunas interiores. En comprobación de campo de determinó suelo, seco o muy seco, agrietado y con alto nivel de salinidad, con pequeños salitrales interiores. Estas características del suelo inciden indirectamente en las condiciones del mangle en el área.

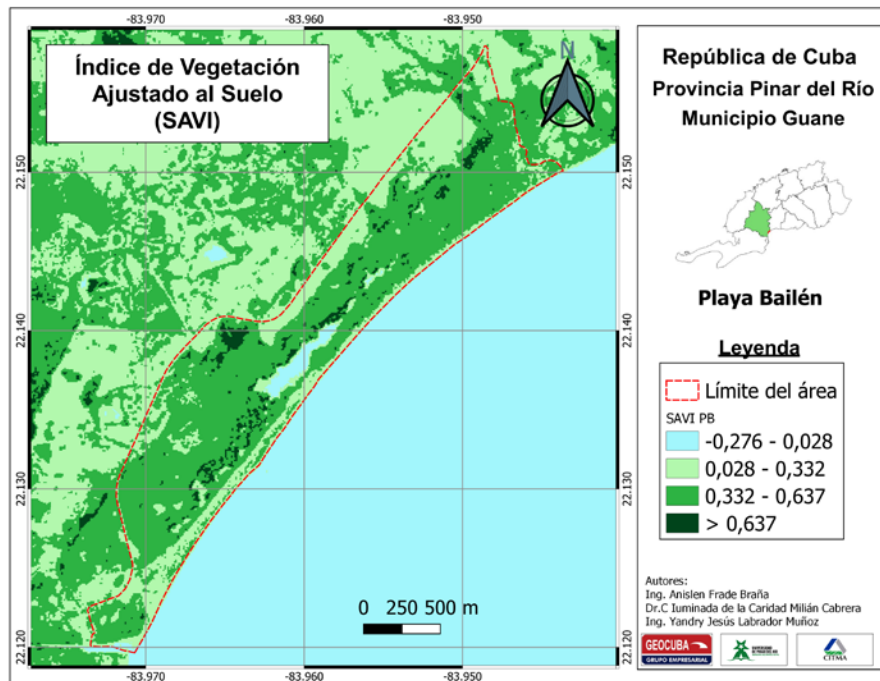


Figura 4. Índice de Vegetación Ajustado al Suelo.

### Índice de Clorofila Verde (GCI)

El GCI se determinó para estimar el nivel de clorofila en las hojas y de esta forma inferir el estado fenológico de la vegetación en el área, y a la vez el estado fisiológico, morfológico y el comportamiento de la misma (Figura 5). Con el empleo de las técnicas de fotointerpretación, se pudo apreciar que el verde oscuro con valores mayores de 1,336 y, atendiendo a los valores del índice obtenido, es la vegetación más conservada,

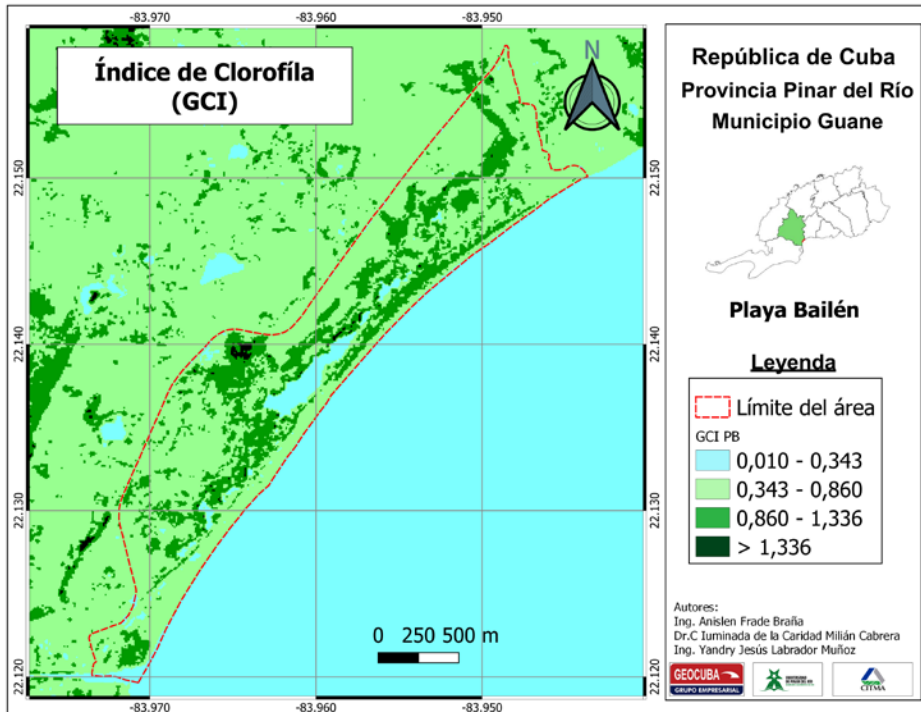
que posee un porte más alto, y tiene un mejor estado fisiológico de las plantas, por lo que se considera que la misma tiene un mejor estado de salud, pero es muy escasa en el área.

El verde más intenso representa vegetación moderada, comprendida en un rango de 0,860 – 1,336, con características de vegetación de mangle achaparrada y con determinado nivel de degradación, así como

vegetación arbustiva y malezas, teniendo una representatividad un poco superior en el área con relación al verde oscuro, siendo la más abundante.

El verde claro representa un índice muy bajo, vegetación con determinado estado de

degradación, de lo cual se deduce que el estado del manglar con ese color no es muy saludable y están en el rango de 0,343 – 0,860, no tiene mucha representatividad en el área, el azul representa lagunas interiores.



**Figura 5.** Índice de Clorofila Verde calculado para el área de estudio.

Perea *et al.* (2021) utilizaron las técnicas de geoprocésamiento para la caracterización espectral y monitoreo de bosques de manglar en el litoral Pacífico colombiano: Bajo Baudó, Chocó. De igual manera, Ávila *et al.* (2020) determinaron la variación espaciotemporal de los bosques de manglares en Cuba utilizando datos Landsat para un periodo de 35 años (1984 - 2019) e implementaron dos IV (NDVI y EVI) en su monitoreo para fines de conservación.

Rhyrna *et al.* (2020) utilizaron el NDVI y diferentes valores de ajuste del parámetro L en el índice SAVI para el monitoreo de bosque de manglar, usando imágenes de mediana resolución espacial en la reserva de Matang en Malasia.

### **3. Calidad y cantidad de la vegetación por estados según IV**

Se hizo una comparación entre los resultados del NDVI, SAVI y GCI en la imagen de Sentinel 2 de 7 de abril de 2024.

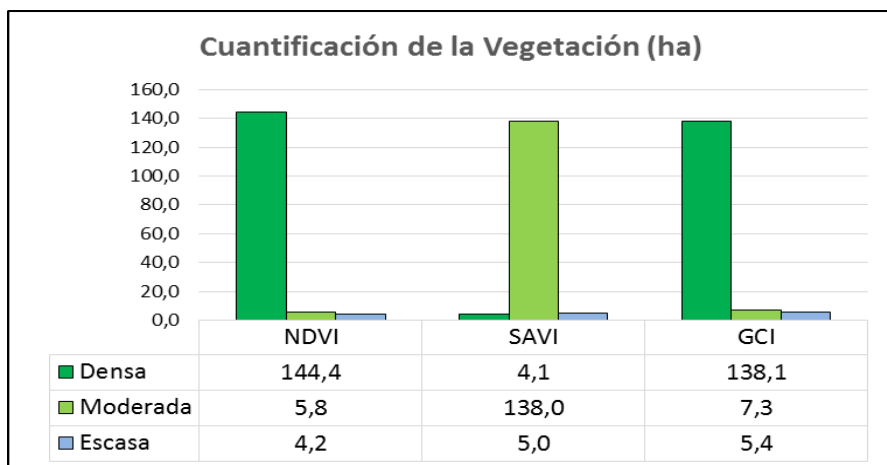
En la Figura 6 se muestra el gráfico de cuantificación de la vegetación por hectáreas teniendo en cuenta la clasificación que se hizo en cuanto a su estado: densa, moderada y escasa.

El bosque de manglar en el área se encuentra en cuanto a zonación, posterior al área de la duna y a las cabañas de turismo. Es un manglar donde predomina el *Avicennia germinans* (L.), y en menor cuantía *Laguncularia racemosa* (L.) y *Conocarpus erectus* (L.) caracterizado por ser denso achaparrado y en mal estado, existiendo solo *Rhizophora mangle* (L.) en las márgenes de la laguna interior.

En el momento de la toma de la imagen satelital, el suelo se encontraba seco y agrietado, comprobado esto directamente en el terreno, por falta de lluvia, inundaciones y esteros obstruidos, de ahí que el comportamiento del SAVI con relación al NDVI se corresponde.

Con relación al indicador GCI, los índices de clorofila también son bajos, lo que demuestra el estado de estrés en las plantas.

En general el NDVI muestra un manglar denso, en suelo poco húmedo o seco y bajos índices de clorofila.



**Figura 6.** Comparación entre los resultados de los índices de vegetación NDVI, SAVI y GCI.

Coincidiendo con Ruiz-Roldán *et al.* (2023), el mapeo de manglar es la base para la zonificación con fines de manejo sostenible. En el presente estudio se utilizaron los índices de vegetación para determinar las diferencias de densidades de la vegetación.

En el caso de Playa Bailén el *Rhizophora mangle* (L.) que se encuentra, está establecido en la orillas de las lagunas interiores, donde su

porte es bastante bueno, por la particularidad que tiene el manglar de recuperarse rápidamente, no sucede así con el *Avicennia germinans* (L.), *Laguncularia racemosa* (L.), *Conocarpus erectus* (L.), que se encuentra en estado de estrés y achaparrado.

Se coincide con Rodríguez *et al.* (2020); Cruz y Pérez (2017); en estudios realizados en Santiago de Cuba y Guantánamo respectivamente, que las

poblaciones de *Avicennia. germinans* son las de mayor abundancia, poseen buena regeneración y es la de mayor área de ocupación, constituyendo la más importante y de mayor densidad del área estudiada.

A partir de los elementos a tener en cuenta para lograr una adecuada gestión del fragmento de bosque de manglar en la Playa Bailén, los resultados de los IV y el la observación necesaria en la comprobación se detectaron las siguientes irregularidades:

1. Vertederos de residuos sólidos, no biodegradables, dentro del manglar.
2. El sistema de residuales de las cabañas de turismo no funciona.
3. Problemas de educación ambiental de los residentes y de los visitantes.
4. Existencia de hornos de carbón dentro del manglar.
5. Existe tala de mangle.
6. Los esteros se encuentran obstruidos y son escasos.
7. No se hace limpieza de los manglares, o no se realizan con la premura y frecuencia deseada después de

## CONCLUSIONES

A través del cálculo de los índices de vegetación en el fragmento de bosque de manglar de Playa Bailén, se pudo determinar que la vegetación en el área de estudio posee índices de vegetación de diferencia normalizados de medios a bajos y niveles de clorofila también muy bajos, lo que indica

penetraciones del mar, por lo que en muchas ocasiones se depositan materiales no biodegradables sobre los neumatóforos del mangle prieto y mueren por anoxia.

8. La población residente incide mucho sobre el manglar, generalmente de forma negativa.

Muchos estudios a nivel mundial han estado incorporando el uso de las técnicas del geoprosesamiento integrado y dentro de ellas las imágenes de satélite para la zonación y monitoreo de la vegetación y dentro de ellos los manglares. Aviles y León (2024); Rendón y Macas (2019) y Manriquez *et al.* (2018) utilizaron las imágenes satelitales para el análisis de cambio de la cobertura de manglar y su variabilidad en Baja California, México, Golfo de Guayaquil, Ecuador y en la provincia de Galápagos en un periodo de veinte años.

que se encuentra en estado de estrés por la incidencia fundamentalmente de los eventos meteorológicos que afectan al área de estudio y la falta de precipitaciones.

Existe un déficit de *Rhizophora mangle* (L.) y el que más abunda es la *Avicennia germinans* (L.).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, D. y col. (2020). Variación espaciotemporal de la respuesta espectral en manglares de La Habana, Cuba, evaluada con sensores remotos. *Revista de Biología Tropical* 68(1), 321-335. <https://bit.ly/3kF9SQM>
- Avilés Sacoto, E., & León Paredes, Z. (2024). Análisis de la variabilidad en la cobertura de manglares en las Islas Galápagos a través de un análisis multitemporal con imágenes satelitales Landsat 7 y Landsat 8. *Investigatio*, 1(21). <https://doi.org/10.31095/investigatio.2024.21.4>
- Bolívar Anillo, H. J., Visbal, A. Z., Serrano, M. C., Moreno, H. S., Andrés, D., Daza, V., Chacón, S., & Anfuso, G. (2020). A preliminary review on the importance of Colombian mangroves as a source of endophytic microorganisms relevant in pharmaceutical industry. *Journal of Acupuncture & Traditional Medicine*, 3, 1–4. <https://www.resergate.net/publication/341877897>
- Congedo, L. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172. <https://doi.org/10.21105/joss.03172>
- Cruz, Y., & Pérez, O. (2017). Evaluación de impactos a la salud del manglar en el municipio Guamá, Santiago de Cuba, Cuba. *Madera y Bosques*, 23(1), 23-37. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311517>
- Fauzi, A., Akhmad, N., & Ardiyanto, I. (2019). Remote Sensing Technology for Land Farm Mapping Based on NDMI, NDVI, and LST Feature. ISSN 2550 – 0554. *Revista Internacional de Tecnología de la Información e Ingeniería Eléctrica* 3(3), 75. <https://dor.org/10.22146/ijitee.47430>
- Fernández González, A. (2019). Cambio en la cobertura del manglar en La Coloma, Pinar del Río. *CIFAM, Revista Científica Estudiantil Ciencias Forestales y Ambientales*, 4(1), 10-20. <http://cifam.upr.edu.cu>
- Friesen, S. D., Dunn, C., & Freeman, C. (2018). Decomposition as a regulator of carbon accretion in mangroves: a review. *Ecological Engineering*, 114, 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.069>
- Huete, A. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment* 25, 295-309.
- Milián Cabrera, I. (2003). *Metodología para el diseño de un sistema medioambiental costero y la incidencia del bosque de manglar en la erosión del litoral costero por técnicas de avanzada de la Geomática* [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias]. Universidad de Alicante. España.
- Manríquez, E., Martínez, G., & Castro, J. (2018). *Identificación de zonas de manglar a través del procesamiento de*

- imágenes de satélite*. Instituto tecnológico de la Paz. División de estudios de posgrado e investigación. La Paz. Baja California Sur. México.
- Muñoz Labrador, Y. J., Milián Cabrera, I. de la C., y Díaz Díaz, S. P. (2021). Dinámica de la vegetación después del disturbio provocado por cuatro huracanes. *Avances*, 23(1), 23-39. <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/585/1641>
- Nazco Torres, A. (2022). Estudio ambiental del municipio Pinar del Río utilizando técnicas de geoprosesamiento integrado. *Avances*, 24(3). <https://www.redalyc.org/journal/6378/637873567009/>
- Osland, M. J., Feher, L. C., Lopez Portillo, J., Day, R.H., Suman, D. O., Guzman Menendez, J. M., & Rivera Monroy, V. H. (2018). Mangrove forests in a rapidly changing world: Global change impacts and conservation opportunities along the Gulf of Mexico coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 214, 120–140. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.09.006>
- Oswald Spring, U. (2012). Vulnerabilidad social en eventos hidrometeorológicos extremos: una comparación entre los huracanes Stan y Wilma en México SOCIOTAM. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, 12(2), 125-146. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=65429255006>
- Perea Ardila, M., Leal Villamil, J., & Oviedo Barrero, F. (2021). Caracterización espectral y monitoreo de bosques de manglar con Teledetección en el litoral Pacífico colombiano: Bajo Baudó, Chocó. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 34(2), 27-44. <http://doi.org/10.17163/lgr.n34.2021.02>
- Rendón, M., & Macas, V. (2020). *Detección de cambios en la cobertura vegetal, mediante teledetección en el sitio Ramsar manglares del estuario interior del golfo de Guayaquil "Don Goyo"*. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Rhyma, P., Kamarudin, N, Hamdan, O., & Faridah-hanum, I. (2020). Integration of normalised different vegetation index and Soil-Adjusted Vegetation Index for mangrove vegetation delineation. *Remote Sensing Applications Society and Environment* 17, 1-70. <https://bit.ly/3y2s4ru>
- Rodríguez Leyva, O., Romero Castillo, C., & Rodríguez Leyva, E. (2020). Caracterización del manglar en el sector costero Paraguay, Guantánamo, Cuba. ISSN-e: 1028-0871. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 24. <http://portal.ameli.org/ameli/jatsRepo/441/4411976006/index.html>
- Ruiz-Roldán, J.J., Blanco-Libreros, J. F., & López-Rodríguez, S. R. (2023). Mapeo de manglares utilizando cómputo en la nube y un índice espectral específico para apoyar acciones de manejo: un caso del Caribe colombiano semi árido.



*Ecosistemas*, 32(3), 2599.  
<https://doi.org/10.7818/ECOS.2599>

Soria, F., Fandos, C., Scandaliaris, P., & Carreras, J. (2019). *Aplicación de índices de vegetación a un lote comercial de maíz. XIX Taller de Híbridos de Maíz*. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes. Tucumán, Argentina.

Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127-150.  
[https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)

### CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

**Frade Braña, A.:** trabajo metodológico, revisión bibliográfica, trabajo de campo, redacción del manuscrito.

**Milián Cabrera, I. de la C.:** conceptualización de la investigación, redacción-borrador original, revisión bibliográfica, trabajo de campo.

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

**Rodríguez Crespo, G. de la C.:** investigación, curaduría de datos, 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***