

CARTOGRAFÍA DE PASTOS MARINOS COM PR: CASO DE ESTÚDIO GOLFO DE BATABANO

Data de submissão: 28/02/2025

Data de aceite: 05/03/2025

Idalmis Almeida Martínez

MSc. Instituto de Geografía Tropical (IGT),
La Habana, Cuba

Yudelsy Carrillo Betancourt

MSc. Instituto de Geografía Tropical (IGT),
La Habana, Cuba

Miguel Ribot Guzmán

Lic. Instituto de Geografía Tropical (IGT),
La Habana, Cuba

Jorge Olivera Acosta

MSc. Instituto de Geofísica y Astronomía
(IGA), La Habana, Cuba

Reinaldo Estrada Estrada

MSc. Fundación Antonio Núñez Jiménez
de la Naturaleza y el Hombre (FANJ), La
Habana, Cuba

Gustavo Martín Morales

Dr. C. Centro de Investigaciones en
Geografía Ambiental (CIGA). Universidad
Nacional Autónoma del México (UNAM),
México

Adilson Tadeu Basquerote

Dr. C. Centro Universitario para Desarrollo
del Alto Valle del Itajaí (UNIDAVI) Rio do
Sul, Santa Catarina, Brasil

RESUMEN: Los pastos marinos proporcionan refugio y alimento a una variedad de especies marinas, además de reducir la erosión costera y mejorar la calidad del agua. Sin embargo, debido a la actividad humana, la distribución de los pastos marinos ha disminuido en muchas áreas costeras. La teledetección es una herramienta poderosa para la representación de diversos tipos de ecosistemas, que ha sido utilizada durante años de manera exitosa, en el mundo. Para este trabajo se emplearon imágenes LandSat Oli 8, Sentinel 2A, imágenes del Bing Satellite y la batimetría de las costas de Cuba para un conocimiento previo general de los perfiles de profundidad, además se tomó como referencia la información de trabajos anteriores sobre las cartografías de los pastos marinos y los tipos de fondos de Batabanó empleando imágenes LandSat 7. La Segmentación de Imagen Orientada a Objeto fue la herramienta utilizada para obtener la distribución espacial de los pastos marinos del Golfo de Batabanó utilizando sensores remotos. Como resultado se obtuvo la distribución espacial de los pastos del Golfo de Batabanó a escala 1:100,000 en un área sumergida de 21,205 km², el área de pastos marinos identificada cubre el

50.2 % del área estudiada con una superficie de 10,648.7 km². El proceso de obtención de la distribución espacial de pastos marinos mostró que las imágenes del sensor OLI del satélite Landsat 8 facilitan la identificación de parches de pastos marinos en zonas cercanas a la costa (< 10 m). La cartografía obtenida se pudo validar con el método de muestreo aleatorio que dio como resultado un índice de confiabilidad de 0.76 considerada buena concordancia.

PALABRAS-CLAVE: Teledetección, pastos marinos, segmentación y Sensores Remotos.

CARTOGRAPHY OF MARINE PASTURES WITH PR: GOLFO DE BATABANO STUDIO CASE

ABSTRACT: Seagrasses provide shelter and food for a variety of marine species, as well as reduce coastal erosion and improve water quality. However, due to human activity, the distribution of seagrasses has decreased in many coastal areas. Remote sensing is a powerful tool for the representation of various types of ecosystems, which has been used successfully for years in the world. For this work, LandSat Oli 8, Sentinel 2A images, Bing Satellite images and the bathymetry of the Cuban coasts were used for a general prior knowledge of the depth profiles, in addition, information from previous works on the cartography of the Batabanó seagrasses and types of seabed, using LandSat 7 images. Object Oriented Image Segmentation was the tool used to obtain the spatial distribution of seagrasses in the Gulf of Batabanó using remote sensing. As a result, the spatial distribution of the grasses of the Gulf of Batabanó was obtained at a scale of 1:100,000 in a submerged area of 21,205 km², the area of identified seagrass covers 50.22% of the studied area with a surface of 10,648,7 km². The cartography obtained can be very useful for the coastal management of the area, serving as a baseline in studies of conservation and restoration of seagrasses and coastal ecosystems in general.

KEYWORDS: Remotesensing, seagrasses, segmentation and Remote Sensing.

INTRODUCCIÓN

Los pastos marinos constituyen ecosistemas de gran interés a nivel mundial, por la alta riqueza de especies que albergan, la plataforma insular cubana se caracteriza por tener en sus fondos pastos marinos saludables. Sin embargo, en algunas áreas del Golfo de Batabanó han desaparecido o están amenazados por diversas causas (Martínez-Daranas *et al.*, 2008).

El mapeo de los pastos marinos en el Golfo de Batabanó se hace difícil a partir de simples datos de campo, teniendo en cuenta el difícil acceso en algunos lugares, por lo que se hace necesario recurrir a la teledetección la cual nos permite obtener información para representar espacialmente estos ecosistemas utilizando imágenes satelitales y después complementar la información con mapas, estudios y trabajo de campo previos.

La teledetección satelital para pastos marinos se vale de información proveniente de la respuesta de los fondos sumergidos sobre el ámbito visible del espectro electromagnético (Chaoyu Yang & Kumar, 2010), donde la interpretación es facilitada por la transparencia de la columna de agua y, por tanto, obstaculizada por la presencia de sedimentos suspendidos, por lo que es necesario el conocimiento previo general de los perfiles de profundidad de la zona a trabajar, ya que de esto también depende la definición precisa de la cobertura de los fondos (Millán, Bolaños, García Valencia, & Gómez López, 2016).

La Segmentación de Imagen Orientada a Objeto es cada vez más utilizada en el mundo, para la representación espacial de diferentes coberturas, empleadas por autores como; (Madureira *et al.*, 2009; Mendes, 2014; Ardila *et al.*, 2005 y Lorenzo *et al.*, 2013), entre otros. Es uno de los métodos de clasificación o interpretación automatizada de imágenes la cual consiste en dividir las imágenes en regiones (objetos) y luego clasificarlos en base a sus atributos espectrales y relaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Golfo de Batabanó se encuentra ubicado en la plataforma suroccidental de Cuba, a los 22°15'0" de Latitud Norte, y los 82°30'0" de Longitud Oeste entre el Cayo Diego Pérez y cabo Francés, Por la parte sur, delimita con los cayos procedentes del archipiélago de los Canarreos. La profundidad del golfo de Batabanó varía entre los 6 y 9 m al centro. En el resto del golfo es de 2 a 5 metros. El área estudiada comprende una extensión de 487 km de línea de costa y 21,205 km² de superficie en ellas existen áreas protegidas que albergan una gran variedad de especies marinas entre las que se encuentran seibadales los cuales tiene gran importancia ecológica, al brindar refugio y alimento a diferentes especies en las fases larvales y juveniles (Semidey *et al.*, 2013).

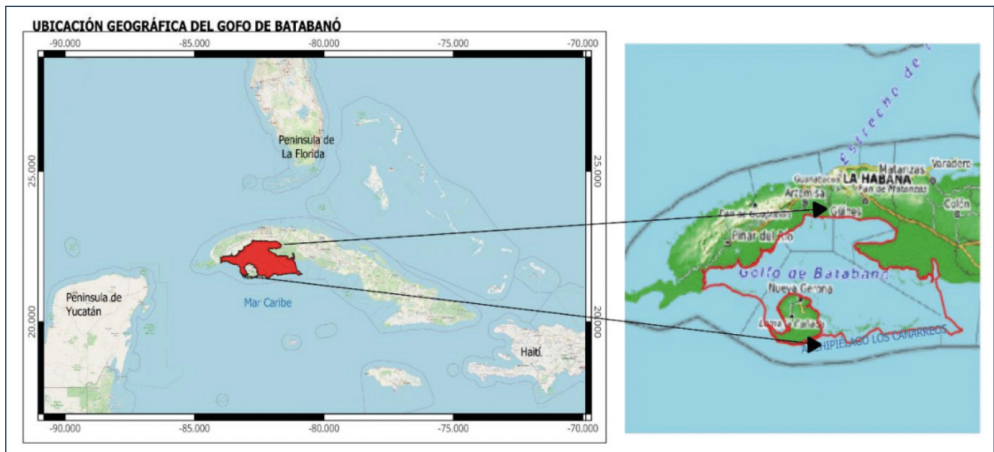


Figura 1: Localización general del área de estudio. Golfo de Batabanó.

Las aguas del golfo de Batabanó no son claras sobre todo en zonas cercanas a la costa donde interviene la actividad humana y la extracción de recursos por lo que sus aguas presentan cierta turbidez debido a la cantidad de sedimentos que presenta (materia orgánica e inorgánica), restringiendo el paso de la luz hacia el bentos, (Martínez-Daranas, 2015) es por esto que fue necesario emplear imágenes de varios sensores y otros materiales de apoyo que permitieran representar un mayor número de parches de pastos marinos presentes en el área de estudio.

La metodología empleada incluyó obtención de las imágenes satelitales para ello fueron escogidas imágenes del sensor Operational Land Imager - OLI del satélite Landsat pertenecientes al periodo poco lluvioso con fechas de enero a marzo de los años, 2020, 2021 y 2022.

Fueron empleadas imágenes del sensor OLI del satélite Landsat 8 las cuales facilitan la identificación de parches de pastos marinos y cubrir extensiones de fondo mayores (Millán, Bolaños, García-Valencia, & Gómez-López, 2012). Las imágenes del producto L1T se encuentra radiométrica y geoméricamente corregidos, estos están disponibles en formato GeoTIFF. Las imágenes fueron contrastadas empleando el color verdadero RGB.

El segundo sensor utilizado es Sentinel -2 con un producto de reflectividad BOA denominado como L-2A. El cual contiene 13 bandas espectrales en tres resoluciones espaciales diferentes, de 60 m, 20 m, y de 10, por lo cual para el procesamiento debe llevarse todas las bandas que se emplearan a la misma resolución. Las imágenes Sentinel del nivel 2A cuentan con corrección atmosférica, de la parte superior y baja de la atmósfera. Se emplearon 8 imágenes pertenecientes al periodo poco lluvioso para atenuar la cobertura de nubes sobre la imagen de años recientes 2020 y 2021, las cuales se filtraron por su cobertura de nubes más bajas y claridad del agua. Las escenas descargadas desde Copernicus OpenAcces Hub (<https://scihub.copernicus.eu/>) fueron escogidas con nivel de procesamiento 2A y tienen bajo cubrimiento de nubes (< 10 %).

Imágenes LandSat Oli 8	Imágenes Sentinel
LC08_L1TP_016045_20211128_20211208_02_T1	S2A_MSIL2A_20220103T160651_N0301_R097_T17QLE_20220103T203146
LC08_L1TP_014045_20210104_20210111_02_T1	S2A_MSIL1C_20220202T160501_N0400_R097_T17QLE_20220202T195305
LC08_L1TP_016044_20220118_20220120_02_RT	S2A_MSIL2A_20220110T160511_N0301_R054_T17QME_20220110T201859
LC08_L1TP_015045_20200119_20200120_02_T1	S2A_MSIL2A_20220103T160651_N0301_R097_T17QKE_20220103T203146.part03
LC08_L1TP_015045_20220119_20220224_02_T1	S2A_MSIL2A_20220103T160651_N0301_R097_T17QLF_20220103T203146.part03
LC08_L1TP_016045_20210118_20210120_02_RT	S2A_MSIL1C_20220304T160151_N0400_R097_T16QHK_20220304T195317

Tabla 1: Imágenes Satelitales del sensor LandSat y Sentinel 2 empleadas, para la obtención de la representación espacial de los pastos marinos.

Luego se fusionaron las imágenes satelitales, para las escenas provenientes del sensor Landsat-8-OLI, aplicando la técnica denominada “*Pansharpening*” o (fusión de imagen) con el objetivo de extraer mejor información de los objetos espaciales (fondos marinos), de esta forma se fusionan las bandas de 30 m de resolución espacial con la banda pancromática de 15 m, (Figura; 2).

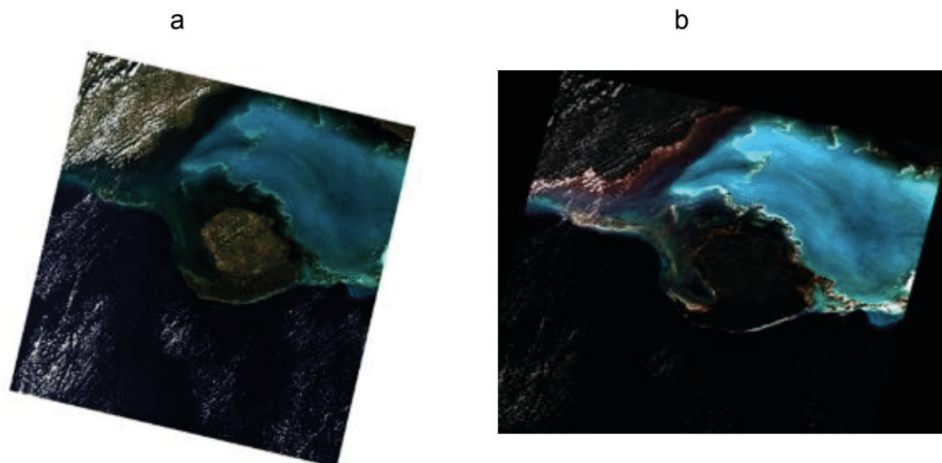


Figura 2. a) Imagen LandSat OLI 8 antes de hacerle las correcciones y el *Pansharpening* . b) Imagen LandSat OLI8 corregida a 15 de m de resolución.

Para la delimitación espacial, se consideró la batimetría del fondo derivada de cartas batimétricas nacionales, (11546, 11545 y 11544) escala 150 000 de (GEOCUBA 2005), desde la costa hasta un rango aproximado de hasta 9 y 10 m metros de profundidad (según la transparencia de las aguas y los tipos de fondos (Martínez-Daranas 2015) fondos con sedimentos particulados (arenosos a fangosos) . Los resultados se compararon con estudios anteriores existentes de la recopilación de información de campo, Alcolado *et al.* (1990), Lorenzo y Cerdeira (2004) y un compendio cartográfico de mediciones hechas en varios proyectos de diferentes Instituciones como el Centro de Investigaciones Marinas (CIM), Instituto de Ocenología (IDO) y El centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP) en diferentes años desde el 2003 hasta el 2013.

La validación del resultado se hizo con técnicas de muestreo aleatorio con una imagen de Sentinel 2 clasificadas en valores de Índice de Diferencia de Vegetación Normalizada (NDVI), después se determinó el índice de Kappa para evaluar la confiabilidad sobre la clasificación de los pastos marinos realizada y se generó la cartografía final. El índice Kappa indica la confiabilidad y precisión general de la clasificación temática, (Poveda-Sotelo *et al.*, 2022) y representa la proporción de acuerdos observados respecto del máximo acuerdo posible más allá del azar (Borras *et al.*, 2017).

También se emplearon otras fuentes de apoyo auxiliar para respaldar la interpretación de imágenes, como las imágenes satelitales gratuitas de alta resolución espacial, Bing (2022), Google Earth (2022); Cartas Náuticas (GEOCUBA 2005), y mapas existentes de la zona de estudio (Cerdeira-Estrada *et al.* 2008), Alcolado *et al.* (1990).

Procesamiento de la información

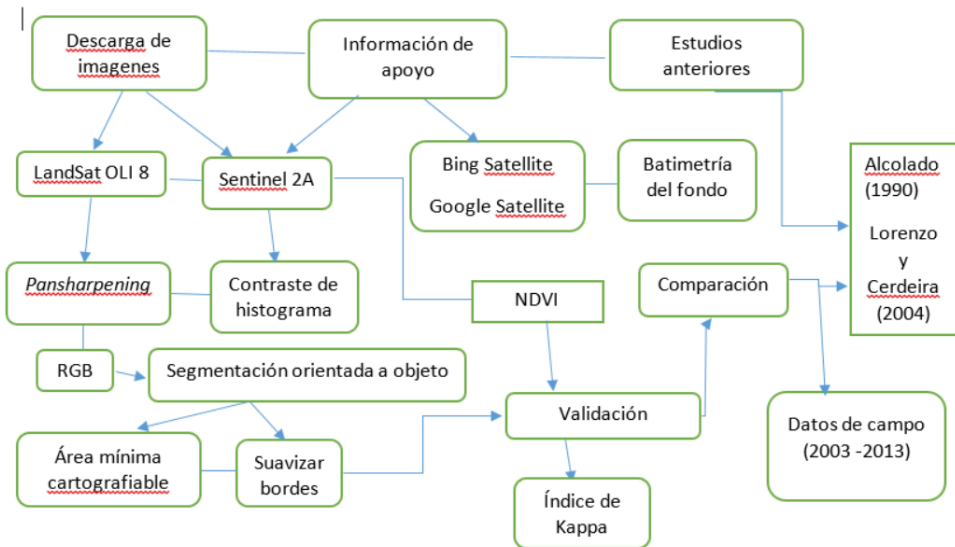


Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de pastos marinos en el Golfo de Batabanó.

Para clasificar la cobertura de pastos marinos a través de las imágenes Landsat OLI 8 en combinación de banda RGB, se utilizó la segmentación orientada a objeto, cuyo algoritmo está implementado en varios softwares de procesamiento digital de imagen, en este caso empleamos el software SAGA (System Automated Geocientific Analyses.).

Esta clasificación no solo tiene en cuenta la respuesta espectral de cada objeto de la imagen sino también busca patrones, forma, textura y define los colores incluyendo las sombras de los objetos. El análisis orientado a objeto incrementa significativamente el grado de correlación entre los resultados obtenidos de la imagen y los datos de verdad del terreno, (Reyna & Gossweiler, 2011).

Las imágenes fueron procesadas empleando el color verdadero RGB debido a la capacidad de la longitud de onda que posee el azul y el verde de penetrar en la columna de agua y ser reflejada hacia el sensor, las imágenes Landsat OLI 8, cuentan con una banda “azul profundo” para estudios de aguas costeras y aerosoles, que puede ser muy útil en la clasificación de los pastos marinos. A veces por requerimientos de la PC se hace lento el procesamiento de la imagen, es por ello que se recomienda fragmentar la imagen en varios sectores de acuerdo a la capacidad de la PC.

Una vez cortada la imagen, procedemos a segmentar en el menú Geoprocessing del software SAGA V 9.0, (Figura 4).

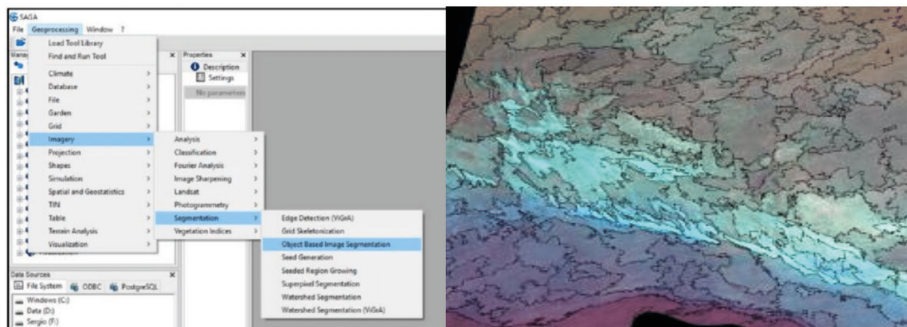


Figura 4. Imagen LandSat OLI8 segmentada empleando el software SAGA.

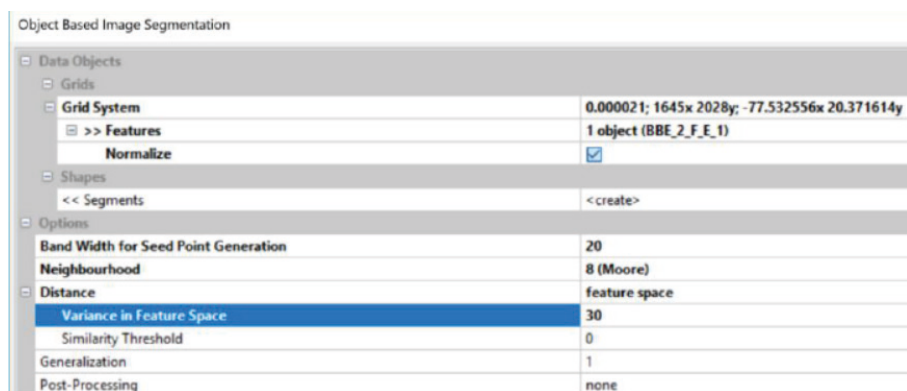


Figura 5. Parámetros de la segmentación empleados.

Una vez segmentada la imagen se determinó el área mínima cartografiable se realiza para eliminar el efecto sal y pimienta que se crea en los procesos de vectorización automática, teniendo en cuenta la resolución espacial de la imagen y su relación con la escala de representación. (Figura 6).

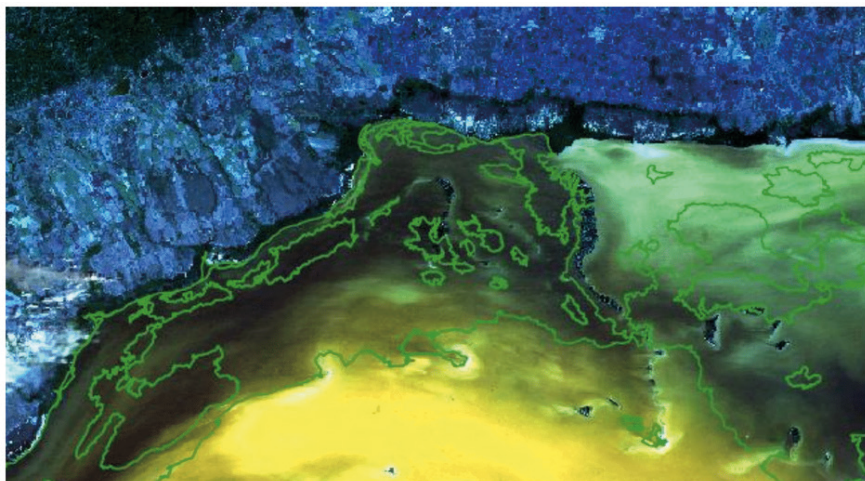


Figura 6. Polígonos de pastos resultantes la determinación del área mínima cartografiable.

Las imágenes de Sentinel 2A fueron contrastadas mediante el histograma empleando un contraste lineal que expande linealmente los valores originales de brillo a los mínimos y máximos rangos de los cañones RGB. Este método permite que los valores de brillo contenidos en los píxeles se muestren al máximo, los tonos más claros se vean más claros y los oscuros más oscuros, de esta manera se vuelve más fácil la interpretación de la imagen, el software de procesamiento de imagen empleado fue el SNAP. (Figura 7)

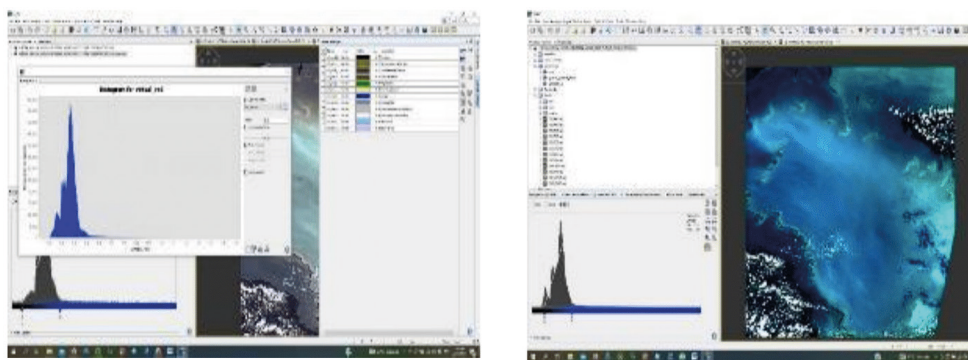


Figura 7. Imagen Sentinel 2A contrastada empleando el histograma en el software SNAP de procesamiento digital de imagen.

Para la delimitación de los pastos marinos se tuvo en cuenta que tanto estos como, fondos de macroalgas y áreas de coral están dominados por organismos fotosintetizadores, por lo que las diferencias espectrales entre las coberturas de estos organismos son muy sutiles (Myers et al., 1999) y es difícil diferenciarlos por lo que se tomó como referencia la información de trabajos anteriores sobre la cartografías de los pastos marinos de Batabanó empleando imágenes LandSat 7 (Cerdeiras –Estrada et al., 2008), Alcolado *et al.* (1990) así como puntos de control adquiridos en campo de estudios anteriores entre los años (2003 -2010) Martínez-Daranas et al. (2005) y otros criterios de selección como la interpretación visual: textura, contraste, tono y contexto espacial, también se contrastaron las imágenes Landsat 8 OLI en falso color empleando la banda Coastal/ aerosol RGB 321, con la finalidad de lograr una mayor diferenciación del fondo marino. Otros procedimientos como Suavizar (Suaviza los bordes de los polígonos para eliminar el efecto escalera) y Corregir Geometría (corrige la geometría a los vectores perteneciente a los segmentos de pastos marinos clasificados.) además se borraron agujeros de forma automática empleando el menú Borrar agujeros contenido en la herramienta Geometría vectorial del software QGIS v 3.28.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

El uso de los sensores remotos vinculados al Procesamiento Digital de Imágenes (PDI) y las herramientas de los Sistemas de Información geográfica (SIG) han permitido lograr la representación espacial de los pastos marinos en el Golfo de Batabanó a pesar de la poca transparencia de sus aguas debido a la cantidad de sedimentos suspendidos en ellas. Sin embargo, estas técnicas ha sido todavía poco utilizada para representar ecosistemas marinos debido a la dificultad que presentan por su condición submareal. Los resultados obtenidos nos muestran la representación espacial de los pastos marinos a escala 1:100 000 del Golfo Batabanó con una extensión 10648.721 km² lo cual representa un 50.22 % del área (Figura 8).

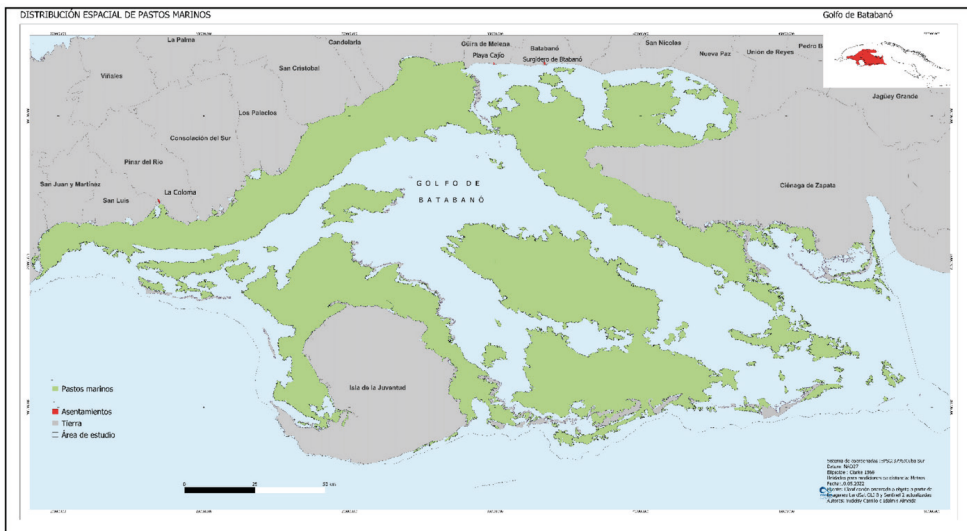


Figura 8. Cartografía de los pastos marinos del Golfo de Batabanó escala 1:100 000.

Comparado con estudios anteriores (Alcolado et al (1990), y Cerdeira et al 2008, el tramo costero desde La ensenada de Cortés hasta Playa Cajío hay una franja continua de presencia de pastos coincidiendo con (Martínez-Daranas et al. (2005b). Figura 9.

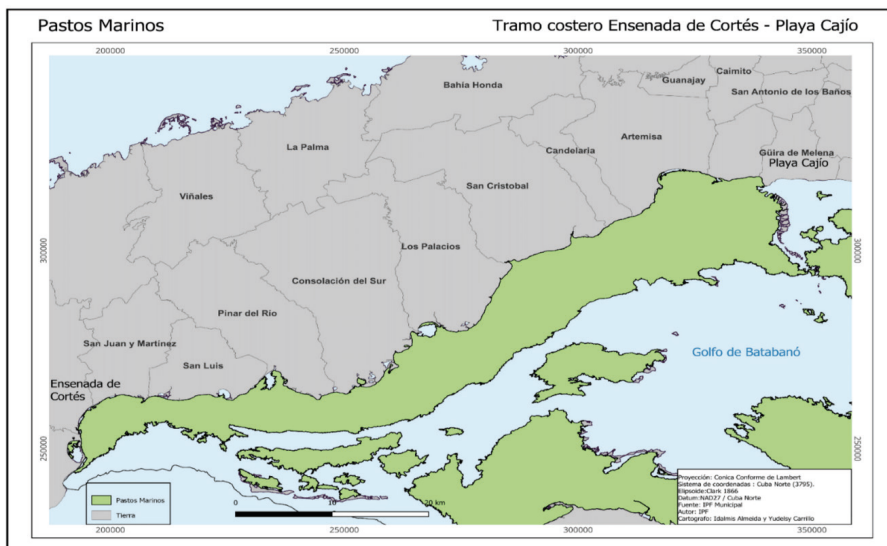


Figura 9. Franja continua de pastos en el tramo costero desde ensenada de Cortés hasta Paya Cajío.

Se han encontrado evidencias de ausencia o empobrecimiento de la vegetación submarina en zonas cercanas a tramos costeros que han sido objeto de intervención antrópica, como son La Coloma, Playa Cajío y el tramo entre Surgidero de Batabanó y Mayabeque y se vuelve casi nula en la Ensenada de la Broa. Al centro del Gofo donde prevalecen fondos arenosos fangosos la presencia de pasto escasa. Figura 10.

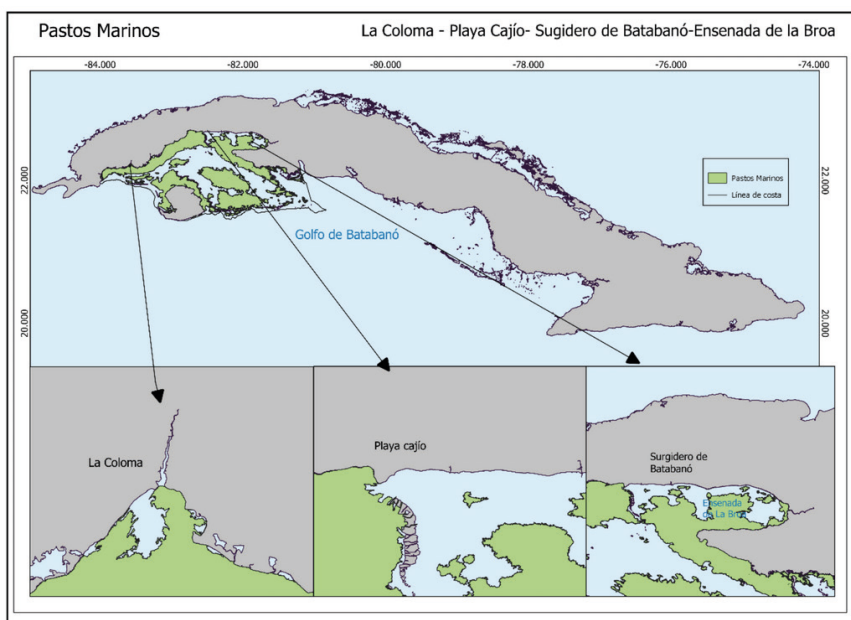


Figura 10. Muestras de escasa presencia de pastos marinos en los tramos costeros de La Coloma, Playa Cajío y desde Surgidero de Batabanó hasta la ensenada de La Broa.

En el tramo costero desde San Felipe hasta el Archipiélago de los Colorados pasando por el norte de La Isla de la Juventud donde las profundidades oscilan entre 4 y 6 m, se aprecia la presencia de pastos coincidiendo con la cartografía realizada por (Cerdeira *et al*, 2008) , Figura 11.

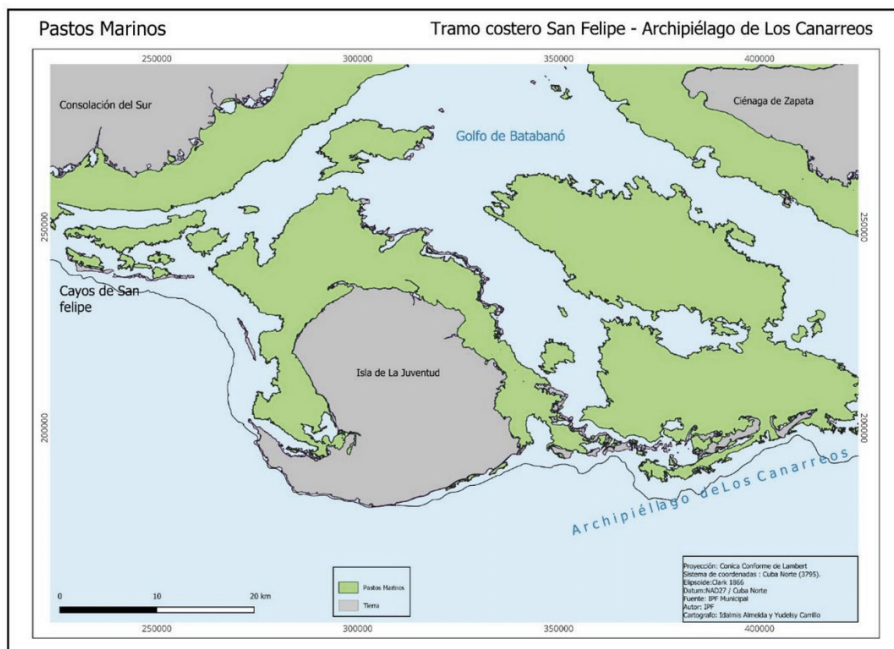


Figura 11. Tramo costero desde Cayos de San Felipe hasta el Archipiélago de los Canarreos con presencia abundante de pastos marinos.

VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS

La valoración de la exactitud temática es un aspecto importante en los productos derivados de teledetección, dado que estos suelen servir como herramienta de apoyo a la toma de decisiones, por lo que se requiere conocer la confiabilidad de la información que otorga el mapa (Millán *et al.*, 2016).

La evaluación de la confiabilidad temática consiste en comparar la información del mapa con información de referencia considerada muy confiable (Jean François *et al*, 2003). Generalmente se basa en un muestreo de sitios de verificación, cuya clasificación se obtiene a partir de observaciones de campo o a partir de imágenes más detalladas de mayor resolución, (Pérez *et al.*, 1919), (Millán *et al.*, 2016), (Cerdeira *et al*, 2008).

Para validar los resultados se empleó una imagen de Sentinel 2 con una resolución espacial de 10m y se obtuvo el Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI), lo cual permitió resaltar las áreas donde podía haber presencia de pastos. El NDVI refleja el estado, la densidad de la vegetación y la actividad fotosintética. (Sawamoto y Shin, 1997). Es calculado por el promedio de la intensidad medida en la banda Rojo (R) (Banda

4) e infrarrojo cercano (NIR) (Banda 8) en caso de las imágenes Sentinel 2ª, donde podemos observar en tonos amarillos los valores de NDVI que señalan la presencia de pastos marinos .Luego se crearon los puntos aleatorios asignándole valores de presencia o ausencia según la imagen reclasificada de NDVI (Figura 12).

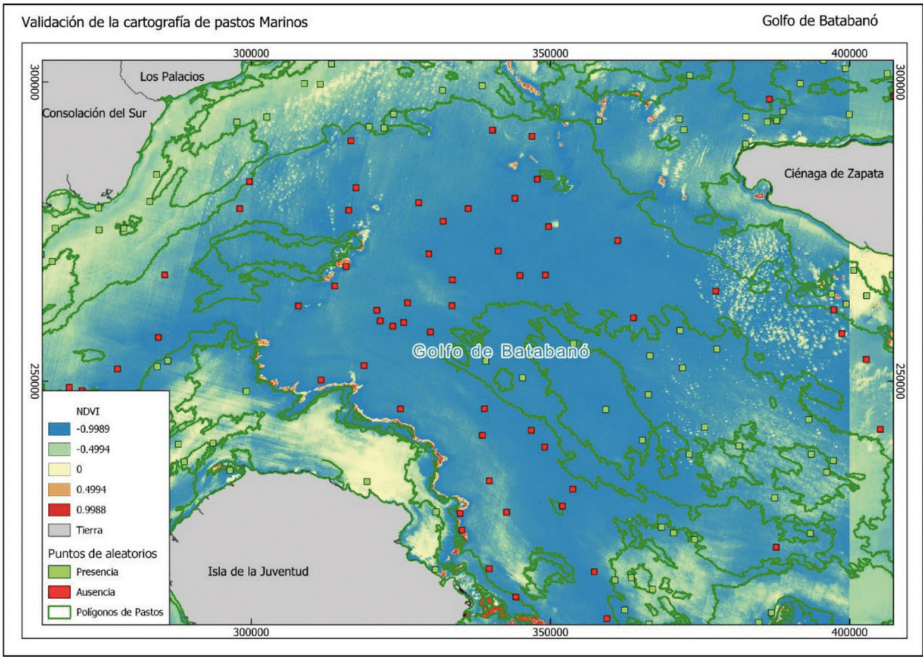


Figura 12: Imagen con valores de NDVI cercanos a 0 donde se estima la presencia de Pastos Marinos. Los puntos de muestreo aleatorios en verdes verde denotan presencia y la roja ausencia.

Para analizar la confiabilidad de la clasificación se empleó el *plugin* **Clasificación Semiautomática** (SCP) y se corrió el algoritmo **Precisión** cuyo resultado arroja una matriz de confusión y el índice de Kappa. El resultado expresa una buena concordancia atendiendo al valor 0.76 de Kappa y a la precisión de 88.2%, según la tabla de clasificación el coeficiente de Kappa, ver tabla 2.

$$K = (po - pe) / (1 - pe)$$

po: proporción global
pe: proporción esperada

Coeficiente de kappa (k)	Fuerza de concordancia	Índice Kappa concordancia
Menor que 0	Pobre	Pobre concordancia
0.00 – 0.20	Leve	Ínfima concordancia
0.20 – 0.40	Aceptable	Escasa concordancia
0.40 – 0.60	Moderada	Moderada concordancia
0.60 – 0.80	Considerable	Buena concordancia
0.80 – 1.00	Casi perfecta	Muy buena concordancia

Tabla 2: Rangos del índice de Kappa para evaluar la concordancia Fuente: Valores generados por el software QGIS de manera automática al ejecutar el algoritmo **Precisión**.

CONCLUSIONES

Se pudo determinar la delimitación espacial de los pastos marinos en una superficie de 10648.72 km² a escala 1: 100 000 para una cobertura de 50.22% del área del Golfo hasta los 10 m de profundidad, con una profundidad promedio entre -2 y -6 m.

La combinación RGB 321 de las bandas verde, azul y Coastal/aerosol del sensor OLI, permitió los análisis hasta las mayores profundidades, entre 9 y 10 m.

Con el NDVI empleado de imágenes Sentinel 2A se pudo validar el mapa empleando el método de muestreo aleatorio que dio como resultado un índice de confiabilidad de 0.76 considerada buena concordancia.

Se recomienda validar los resultados con trabajo de campo *in situ*, lo cual hará más confiable la información para ser usada en futuros estudios de para detección de cambio (perdidas y ausencia).

REFERENCIAS

1. Agencia de Cartografía Náutica (Edimar), de la Empresa GEOCUBA Estudios Marinos. Servicio Hidrográfico y Geodésico de la República de Cuba (SHGC).
2. Alcolado P.M. 1990. Aspectos ecológicos de la macrolaguna del Golfo de Batabanó, con especial referencia al bentos. In: Alcolado PM (ed.), *El Bentos de la Macrolaguna del Golfo de Batabanó*. Editorial Academia, La Habana, Cuba, pp.
3. Borràs, J., Delegido, J., Pezzola, A., Pereira, M., Morassi, G. Camps-Valls, G. 2017. Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes Sentinel-2. *Revista de teledetección Asociación Española de Teledetección*. ISSN 1133-0953/EISSN 1988-8740.
4. Cerdeira-Estrada, Lorenzo-Sánchez, S, Areces-Mallea, A ,Martínez-Bayón, 2008, Mapping of the spatial distribution of benthic habitats in the Gulf of Batabanó using Landsat-7 images, *Ciencias Marinas*, 10.7773/cm.v34i2.1293.
5. François Mas J., Reyes Díaz-Gallegos J., Pérez Vega A. 2013. Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM Núm. 51, 2003, pp. 53-72.*
6. Jiménez, C. y Alcolado, P.M., 1990. Características del macrofitobentos de la macrolaguna del Golfo de Batabanó. In: Alcolado, P.M. (Ed.), *El bentos de*
7. la macrolaguna del Golfo de Batabanó. Editorial Academia, La Habana, págs. 8 - 12.
8. López A., Valero O.J, Herrera J.L, 2005. Validación de una Metodología de Clasificación de Imágenes Satelitales en un entorno Orientado a Objetos. Vol 10 No 1.
9. Lorenzo, S., Olivera J. Carrillo Y. 2013. Clasificación por segmentación de los arrecifes del Gran Banco de Buena Esperanza. Guacanayabo con imágenes satelitales de alta resolución espacial. Proyecto de Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica del Macro-proyecto. Instituto de Oceanología: Cuba.

10. Madureira, Carla; Santos Do Rosario, Luana; Bueno de Abreu, Marcelo; Moura de Almeida, Paula Maria; vicens, Raúl, Mendes Cronemberger, Felipe. *Classificação Orientada a Objetos na Geração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra do estado do Rio de Janeiro*. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE, Natal, Brasil, 2009, pp. 7.789-7.796.
11. Mendes, Felipe. *Análise geoecológica da dinâmica da paisagem da Serra do Mar no estado do Rio de Janeiro*. Universidade Federal Fluminense. Centro de Estudos Gerais. Instituto de Geociências. Programa de Pós Graduação em Geografia, 2014.
12. Martínez-Daranas , Suárez, Ana M., Alfonso, Yusimí. 2015. Macroalgas marinas de Cuba. Book. ISBN: 978-959-7211-44-0.
13. Martínez-Daranas, B. 2008. Evaluación de las posibles afectaciones del Cambio Climático a la Biodiversidad Marina y Costera de Cuba, Caso de Estudio No. 3: Estado de los pastos marinos del archipiélago Sabana-Camagüey y del Golfo de Batabanó y el cambio climático. Informe final para el proyecto Bases Oceanográficas para el estudio de las afectaciones del cambio global en la biodiversidad marina y costera de Cuba.
14. Martínez-Daranas, B., Alcolado, P. M. y Duarte, C. M. 2005. Leaf production and shoot dynamics of *Thalassia testudinum* by a direct census method. *Aquat. Bot.* 81: 213 - 224.
15. Millán Jiner S, Bolaños A, García-Valencia C, Gómez-López D, 2012, Teledetección aplicada al reconocimiento de praderas de pastos marinos en ambientes de baja visibilidad: La guajira, Colombia, *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, ISSN 0122-9761. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR. Colombia.
16. Myers, M. R., J. Hardy, C. Mazel y P. Dustan. 1999. Optical spectra and pigmentation of Caribbean reef corals and macroalgae. *Coral Reefs*, 18: 179-186.
- Poveda-Sotelo, Y., Bermúdez-Cella, M. A., & Gil-Leguizamón, P. (2022). Evaluación de métodos de clasificación supervisada para la estimación de cambios espacio-temporales de cobertura en los páramos de Merchán y Telecom, Cordillera Oriental de Colombia. *Boletín De Geología*, 44(2), 51–72. <https://doi.org/10.18273/revbol.v44n2-2022002>. Reyna L., Gossweiler B., Segmentación y clasificación de imágenes satelitales para determinar la cobertura del suelo, 2011, La Técnica, ISSN 1390-6895, ISSN-e 2477-8982, N°. 4, 2011 (Ejemplar dedicado a: Marzo), págs. 38-44.
17. Sawamoto M y S Shin. 1997. Water balance evaluation in the Korean Peninsula through vegetation monitoring. *Journal of Remote Sensing Society of Japan*, 17, 3:220-231
18. Semidey A. y A. M. Suárez. 2013. Adiciones a las macroalgas marinas de Cuba. *Hidrobiológica* 23 (3): 440-442.
19. Pérez Espinosa I., Gallegos Martínez M., Ressler Rainier A., Valderrama Landeros L.H., Hernandez Cárdenas G. 1919. Distribución espacial de los pastos marinos y la vegetación acuática sumergida en los Petenes, Campeche. DOI: 10.22201/igg.25940694.2019.2.56.138 Volume: 3, Pages: 1-11.
20. Yang, C., D. Yang, W. Cao, J. Zhao, G. Wang, Z. Sun, Z. Xu y M. R. Kumar. 2010. Analysis of seagrass reflectivity by using a water column correction algorithm. *Int. J. Remote Sens.*, 31: 4595-4608, Instituto de Oceanología, La Habana, Cuba.